

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв
«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко
(підпис)
“ ” _____ 2018 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття освітнього ступеня магістр
з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування
обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою
розділюючої колони та нагрівача

Виконала студентка 6-го курсу, групи ЛН-71мп

Ільєнко Анна Володимирівна

Керівник проекту канд. техн. наук, доц. А.Р. Степанюк

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

розробка стартап-проекту

доц., канд. економ. наук Н.В. Юдіна

технологія виготовлення ковпачка колони

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос

автоматичний контроль і керування процесом

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий степінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ А.В. Ільєнко

Київ – 2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь – магістр

спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентці

Ільєнко Анні Володимирівні

1. Тема магістерської дисертації: «Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача»

керівник магістерської дисертації Степанюк А.Р. кандидат технічних наук, доцент

затверджена наказом по університету від ____ 2018 р. № ____

2. Термін подання студентом магістерської дисертації: 3 грудня 2018 р.

3. Вихідні дані до дисертації: Витрата надсмольної води 2,8 кг/с; початкова температура димових газів 800 К; кінцева температура димових газів 380 К; початкова температура води 293 К; кінцева температура води 368 К.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій розділюючої колони та нагрівача, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, а саме, технологічний, параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) стартап-проект: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією установки, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування установкою; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення ковпачка, виконати розрахунки видавлювання, розробити пристрій для видавлювання.

5. Перелік графічного матеріалу: принципова схема установки – А1, схема автоматичного керування – А1, складальні креслення: нагрівач – А1, розділююча колона з приколонниками – А1, розділююча колона – А1, ковпачок – А3, штамп для витяжки ковпачка – А1, ілюстрація до технічної ідеї патенту – А2, ілюстрація графіків – 3 аркуші формату А2.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І.М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення ковпачка	Двойнос Я.Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Двойнос Я.Г.		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2018 р.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської Дисертації	Термін виконання	Примітка керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності дисертації.	05.09.18	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	10.09.18	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції апарата. Технічна характеристика установки, апарата. Добір матеріалів.	14.09.18	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарата.	18.09.18	
5	Розробка складальних креслень апарата і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату.	25.09.18	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	28.09.18	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	05.10.18	
8	Розробка стартап-проекту.	08.10.18	
9	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці.	15.10.18	

1	2	3	4
10	Розробка технології виготовлення ковпачка колони	18.10.18	
11	Розробка автоматичного контролю і керування процесом блоку реакції.	09.11.18	
12	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності дисертації діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	28.11.18	
13	Попередній захист дисертації.	03.12.18	
14	Корегування дисертації за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	05.12.18	

Студентка

_____А.В. Ільєнко
(підпис)

Науковий керівник

_____А.Р. Степанюк
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 66.045

Магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему «Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача». НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Степанюк А.Р. – К., 2018. – 150с.: іл. 31. Виконавець А.В. Ільєнко – Бібліогр.: 44п

Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань із 44 найменувань і 6 додатків. Загальний обсяг роботи становить 211с. основного тексту, 31 рисунку, 24 таблиць.

Метою роботи є модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача. Проект містить опис процесу очитки коксових газів, конструкцій розділюючої колони та нагрівача, опис, призначення та області застосування обладнання, технічні характеристики, опис і обґрунтування вибраних конструкцій, розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкцій, рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів, а також рівень стандартизації та уніфікації, розробку стартап-проекту.

Результати роботи можуть бути використані з навчальною метою на кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

ВАПНЯНА ВОДА, АМІАЧНА ВОДА, АМІАК, НАГРІВАЧ, РОЗДІЛЮЮЧА КОЛОНА, МАСООБМІН, ТЕПЛООБМІН.

РЕФЕРАТ

УДК 661.7

Магистерская диссертация по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему «Модернизация установки очистки коксовых газов с разработкой разделительной колонны и нагревателя». НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского »; Руководитель Степанюк А.Р. - М., 2018. - 150с .: ил. 31. Исполнитель Ильенко А.В.. - Библиогр .: 44п.

Магистерская диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка ссылок из 44 наименований и 6 приложений. Общий объем работы составляет 211 с. основного текста, 31 рисунков, 24 таблиц.

Целью работы является модернизация установки очистки коксовых газов с разработкой разделительной колонны и нагревателя. Проект содержит описание процесса очистки коксовых газов, конструкций разделяющей колонны и нагревателя, описание, назначение и области применения оборудования, технические характеристики, описание и обоснование выбранных конструкций, расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, рекомендации по монтажу и эксплуатации аппаратов, а также уровень стандартизации и унификации, разработку стартап-проекта. Результаты работы могут быть использованы в учебных целях на кафедре машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств.

ИЗВЕСТКОВАЯ ВОДА, АММИАЧНАЯ ВОДА, НАГРЕВАТЕЛЬ,
РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ КОЛОННА, МАССООБМЕН, ТЕПЛООБМЕН.

ABSTRACT

UDC 661.7

The Master's thesis on the theme " Modernization of the coke gas purification plant with the development of a separating column and heater " National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific supervisor A. Stepanyuk – K., 2018. – 150 p.: il. – 31. Developer A. Iliencko – References: 44

The Master's consists of an introduction, eight sections, conclusions, a list of references of 44 titles and 6 appendixes. The total volume is 211 pages of the main text, 31 figures, 24 tables.

The purpose of the work is to upgrade the coke oven gas treatment plant with the development of a separating column and heater. The project contains a description of the coke oven gas purification process, the design of the separating column and the heater, description, purpose and scope of the equipment, specifications, description and justification of the selected constructions, calculations confirming the efficiency and reliability of the constructions, recommendations for the installation and operation of the machines, as well as level of standardization and unification, development of a startup project.

The results of the work can be used with the educational purpose at the department of machinery and apparatus of chemical and petroleum processing industries.

LIME STONE WATER, AMMONIA WATER, AMMONIA, SEPARATING COLUMN, HEATER, MASS TRANSFER, HEAT TRANSFER

.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

освітнього ступеня магістр

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою
розділюючої колони та нагрівача

Київ – 2018

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область використання установки очистки коксових газів	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі	16
2 Технічна характеристика	17
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів	18
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей	18
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами	21
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апарата (машини).....	23
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки.....	24
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	37
4.1 Параметричний розрахунок розділюючої	37
4.1.2 Розрахунок товщини стінки колони і приколонників	52
4.1.3 Розрахунок штуцерів колони	53
4.1.4 Визначення вітрового навантаження на колонний апарат	55
4.2 Параметричний розрахунок спірального теплообмінника	59
4.2.1. Розрахунок гідравлічного опору.....	62
4.3 Параметричний розрахунок одноходового теплообмінника	64
4.3.1 Гідравлічний розрахунок.....	71
4.4 Параметричний розрахунок нагрівача	73

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дат.	Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача	Літ.	Лист	Листів
Разроб.	Ільченко А.В.						10	211
Перев.	Степанюк А.Р.					КПІ ім. І. Сікорського, МАХНВ, ІХФ		
Н.Контр.								
Затв.								

4.4.1 Гідравлічний розрахунок нагрівача.....	80
4.4.2 Розрахунок штуцерів нагрівача	83
4.4.3 Розрахунок товщини стінки корпусу нагрівача	85
4.4.4 Розрахунок еліптичного днища нагрівача	87
4.4.5 Розрахунок трубної решітки нагрівача	88
4.4.6 Розрахунок укріплення отворів	92
4.4.7 Розрахунок опор нагрівача.....	93
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	105
6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів.....	115
7. Рівень стандартизації та уніфікації	118
8. Розробка стартап-проекту	119
8.1 Опис ідеї проекту	119
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	122
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	124
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	135
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	138
8.6 Висновки	144
Висновки	145
Выводи.....	146
Conclusion.....	147
Перелік посилань.....	148
Додаток А Технологія виготовлення ковпачка колони.....	153
Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом	173
Додаток В Документація до патентного дослідження	179
Додаток Г Таблиця ідентифікаторів, блок-схема розрахунку, програма розрахунку товщини стінки апарата	190
Додаток Д Патенти, які використані в патентному дослідженні	193
Додаток Е Публікації автора	211

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

h – висота, м;

c – прибавка до розрахункової товщини, м;

D, d – діаметри, м;

N – потужність, Вт;

w – швидкість, м/с;

G – масова витрата, кг/с;

P – тиск, Па;

T – температура, К;

ρ – густина, кг/м³;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м² / с;;

x, y – мольна концентрація, кмоль/кмоль;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м² · К;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м² · К.

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прантдля.

Вступ

Коксохімічна промисловість — галузь важкої промисловості, на підприємствах якої здійснюється хімічна переробка вугілля кам'яного методом коксування. Коксування кам'яного вугілля проводять у коксових печах, коксування важких продуктів переробки нафти – у металічних кубах або спеціальних печах. У результаті коксування паливо розкладається з утворенням летких продуктів і твердого залишку – коксу. З летких продуктів одержують кам'яновугільну смолу, аміак, бензол, сірководень, крезол, фенол, нафталін, стирол, ксилол, толуол та ін. Але основний продукт коксування – кокс, який використовується як відновник і паливо в металургійній промисловості

Метою даної магістерської дисертації є модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача. З цією метою передбачено виконання необхідних розрахунків апарата нагрівача для нагрівання води та розрахунків на міцність.

Робота включає аналіз технологічного процесу з описом та обґрунтуванням обраних конструкцій апаратів та їх місце в технологічній схемі, технічні характеристики основних апаратів установки, конструкції і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників обраних конструкцій з аналогами, вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів, патентний огляд конструкцій основного обладнання установки, проведення розрахунків, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій апаратів, охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, рекомендації щодо їх монтажу та експлуатації, рівень стандартизації та уніфікації, розробка стартап-проекту впровадження модернізації, розробку та описання технологічного процесу виготовлення деталі та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

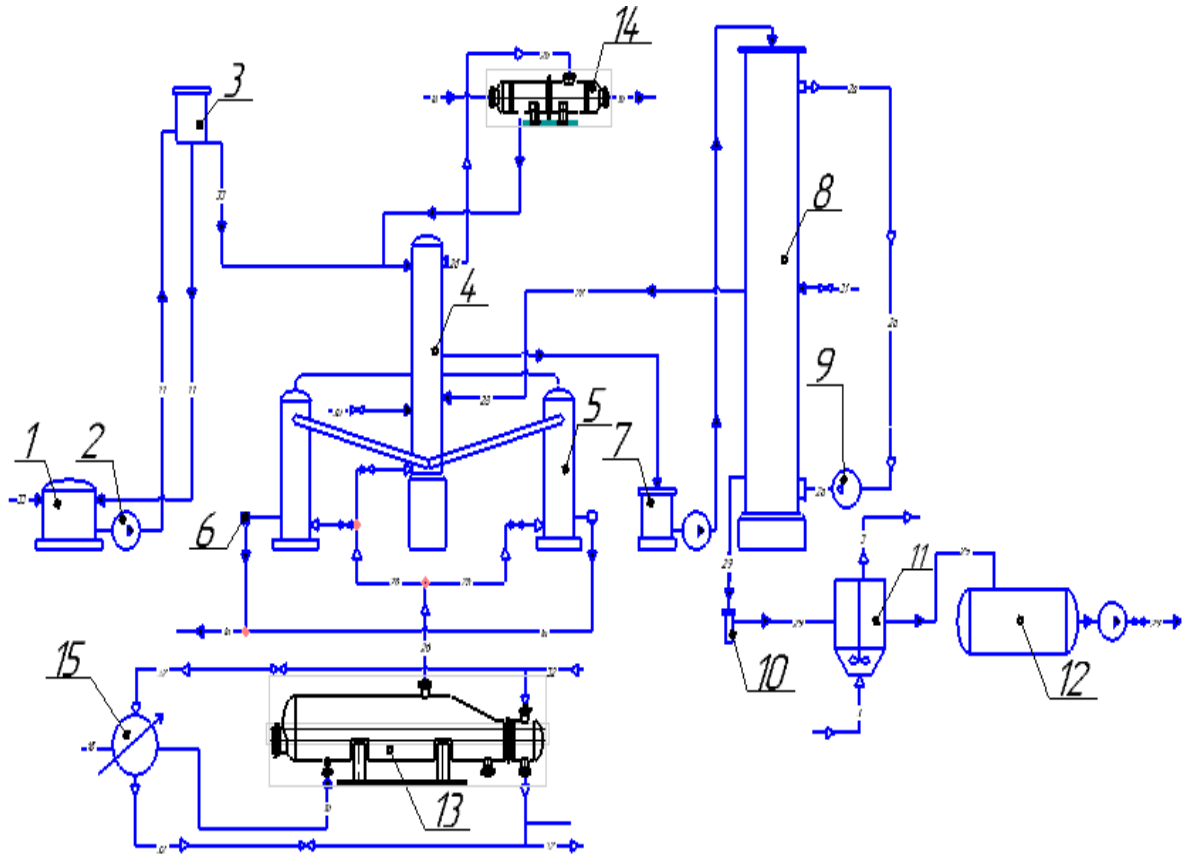
Завдання на магістерську дисертацію одержано у вересні 2018 року під час проходження переддипломної практики в інституті газу НАН України.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

1 Призначення та область використання установки очистки коксових газів

1.1 Опис технологічного процесу

Схема установки зображена на рисунку 1.1.



- 1 – резервуар, 2 – відцентровий насос, 3 – напірний бак,
4 – розділююча колона, 5 – приколонок, 6 – регулятор спуску,
7 – проміжний збірник, 8 – скрубер, 9 – вентилятор, 10 – гідрозатвор,
11 – повітряний холодильник, 12 – збірник для фенолятів,
13 – випарник, 14 – конденсатор, 15 – нагрівач.

Рисунок 1.1 – Схема очистки коксових газів

Технологічна схема призначена для очистки коксових газів [1]. Установка також передбачає вилучення фенолів, яке відбувається у скрубері.

Надсмольна аміачна вода із резервуару 1, який знаходиться у відділенні конденсації газу, відцентровим насосом 2 подається у напірний бак 3, із якого самовільно потрапляє у розділюючу колону 4 з двома приколонниками 5.

У розділюючій колоні 4 вода піддається дистиляції паром з метою відгонки із неї летючих з'єднань аміаку.

Розділююча колона являє собою безперервний апарат, у якому відбувається виділення аміаку із надсмольної води.

Процес протікає у дві стадії. Летючий аміак, тобто аміак у вигляді солей, які розкладаються при нагріванні, виділяється водяною парою. Тоді як зв'язаний аміак не розкладається лише нагрівом, а попередньо оброблюється вапняним молоком.

У проміжний збірник 6 надсмольна вода потрапляє із колони по трубопроводу із якого відцентровим насосом 7 поступає до скрубера 8, у якому вилучаються феноли.

У скрубєрі відбувається вилучення фенолів парами. Через трубопровід надсмольна вода самовільно попадає у нижню змішувальну частину колони 4, в якій відбувається обробка вапняним молоком для розкладення з'єднань солей аміаку.

Велика частина солей аміаку в колоні, а саме у змішувальній частині під дією вапняного молока та пари розкладається з виділенням вільного аміаку, який у суміші з водяними парами виходить в колону 4.

Надсмольна вода з змішувальної частини колони з рештками ще не розкладених аміачних солей потрапляє у один із приколонників 5, де процес виділення аміаку із зв'язаних солей закінчується майже повністю.

Стічна вода виходить із нижньої частини приколонника 5 у відстійники для вапняного шлаку.

По насадці верхньої частини скрубєра 8 стікає надсмольна аміачна вода, феноли видуваються водяною парою, яка циркулює через скрубєр 8 за рахунок вентилятора 9.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

Розділююча колона

Розділююча колона 4 є першим апаратом установки, яка (рисунок 1.1) призначена для очистки коксових газів. Для даної схеми необхідно підібрати колону, яка б відповідала наступним вимогам: простота конструкції; простота виготовлення, висока продуктивність апарата, доступність монтажу та ремонту, легкість очистки, простота експлуатації.

Для процесу розділення суміші доцільно використовувати тарілчасту колону. Тарілочні колони складають основну групу масообмінних апаратів. Це вертикальний апарат, у якого по висоті якого розташовані спеціальні контактні пристрої – тарілки, що дозволяють створити щільний контакт між паром, що піднімається вгору по колоні, та стікаючою вниз рідиною.

Нагрівач

Для теплового живлення колони 4 необхідно безперервно подавати до неї водяний пар, тому для нагріву води використовують нагрівач 15.

Нагрівач складається з горизонтального циліндричного корпусу, пучка труб, які приєднані до корпусу за допомогою фланцевих з'єднань еліптичне днище та розподільча камера.

Технічна вода подається до міжтрубного простору де підігрівається. Потім вода подається до випарника 13, перетворюється на пар та проходить краплевідбійник і подається до колони 4 через трубопровід. Гарячим теплоносієм слугують димові гази, що рухаються у трубному просторі.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

2 Технічна характеристика

Розділюючої колони

Витрата надсмольної води кг/с	2,8;
температура в апараті, К	443;
середовище: токсичне, вибухонебезпечне, корозійне.	
Тип колони – тарілочна.	
Загальна кількість тарілок,	24;
маса апарата, кг	700.
Габаритні розміри, м	
Діаметр	3,4;
Висота	17,9;

Нагрівача

Продуктивність, кг/с	
по вихідній суміші	1,46;
початкова температура води, К,	293;
кінцева температура води, К,	368;
початкова температура димових газів, К,	800;
кінцева температура димових газів, К,	380;
Середовище: токсичне, вибухонебезпечне, корозійне.	
Кількість труб,	442.
Маса апарата, т	25
Габаритні розміри, м	
Діаметр	0,8;
Довжина	2,5;
Висота	1.363.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Розділююча колона

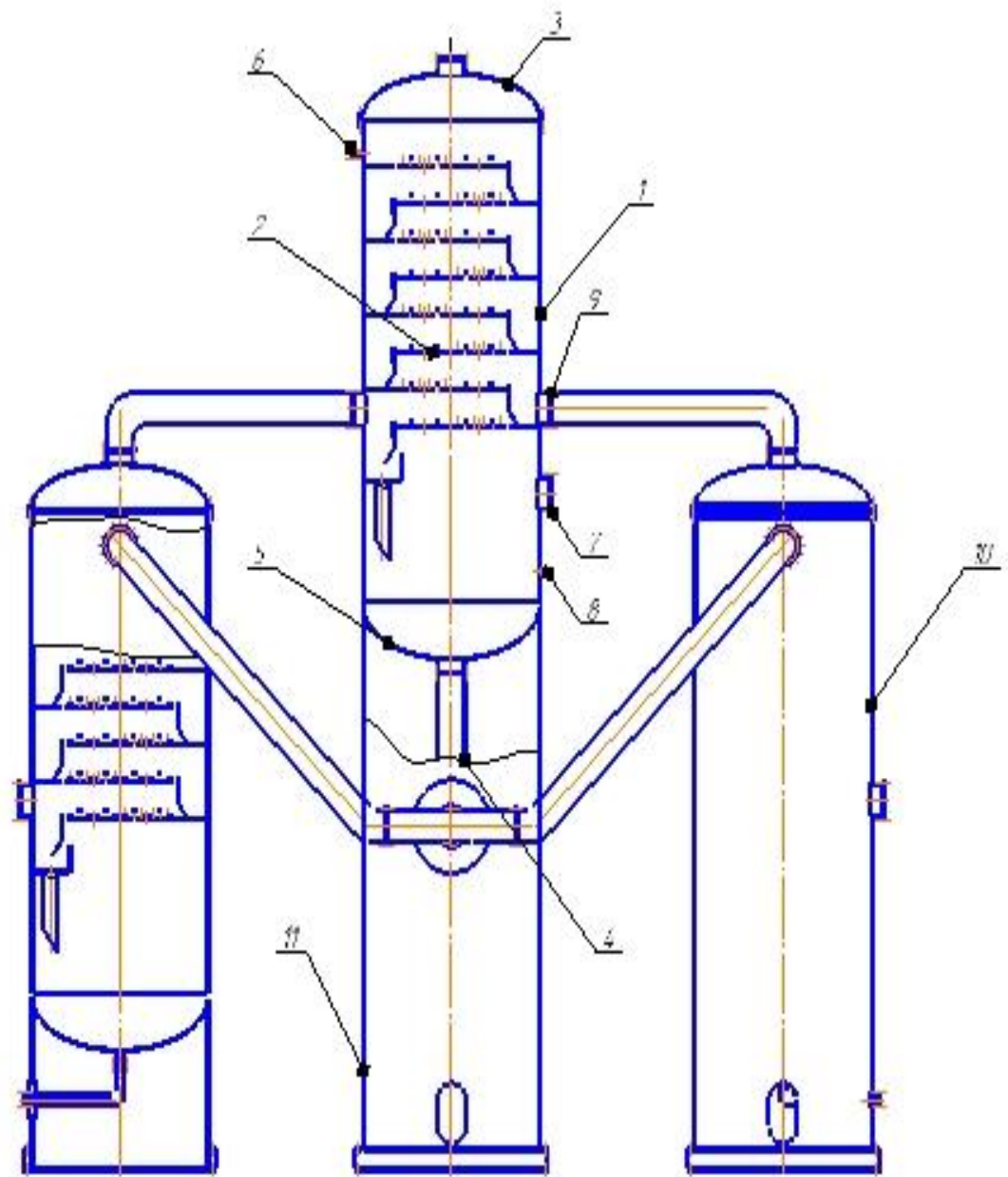
Розділююча колона складається з двох з'єднаних з нею приколонників. Розділююча колона – це пустотілий циліндричний корпус з розміщеними в ньому контактними тарілками, оснащений кришкою та днищем, патрубками для вводу та виводу потоків пари та рідини (рисунок 3.1). Приколонники за своєю структурою подібні до колони.

При колоні розташовані два приколонника з якими вона з'єднана переливними трубами.

Розділююча колона працює таким чином: надсмольна вода подається із напірного бака або безпосередньо на одну із верхніх тарілок розділюючої колони. Рідина, яка пройшла всі тарілки, потрапляє по довгому переливному стакану у середню змішувальну частину колони, яка представляє собою циліндричний резервуар, у який знизу подається вапняне молоко та гостра пара для перемішування суміші.

Прореагована рідина по переливній трубі потрапляє у нижню камеру колони, а пари, які виділилися, йдуть до верхніх тарілок, назустріч рідині, яка щойно потрапила. Під тиском переливу рідину подають по живильній трубі на верхню тарілку приколонника. У нижню частину приколонника подається гостра пара.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ док.	Піппис	Лат		



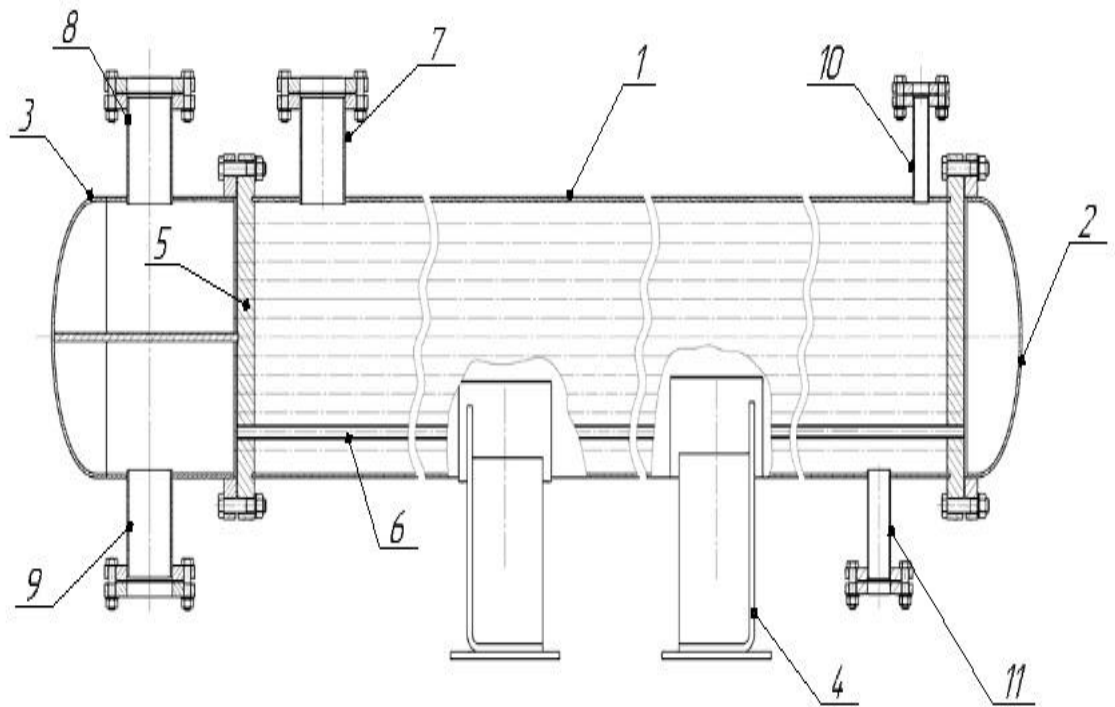
- 1 – корпус; 2 – контактні тарілки; 3 – кришка; 5– днище;
 4, 6, 7, 8, 9 – патрубки для вводу та виводу рідин та парів;
 10 – приколоники; 11 – опора.

Рисунок 3.1 – Розділююча колона

Відігнані у приколонику пари аміаку разом з парами води йдуть по трубі у нижню частину розділюючої колони, а звідти, пройшовши усі тарілки колони, направляються у конденсатор.

Нагрівач

Нагрівач, призначений для нагрівання води димовими газами. Схема нагрівача наведена на рисинку 3.2. Нагрівач складається з: циліндричної обичайки-кожуха, до якої з двох сторін приварені трубні решітки.



1 – кожух; 2 – кришка; 3 – розподільча камера; 4 – опори; 5 – трубна решітка;
6 – теплообмінні труби; 7,8,9,10,11 – штуцери для вводу та відведення рідин та газів.

Рисунок 3.2 - Нагрівач

В трубних решітках щільно закріплено труби. До кожуха за допомогою фланців приєднані болтами кришки (камери). Ущільнення досягається установкою прокладок. Для вводу та виводу теплоносіїв до кожуха і кришок приварені патрубки. Щільність з'єднання труб з трубною решіткою забезпечується розвальцьовкою.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів

з аналогами

Нагрівач

В процесі очистки коксових газів необхідно підігрівати воду для підтримання теплового балансу колони для здійснення реакції синтезу для цього в схемі використано нагрівач двоходовий.

Порівняльна характеристика теплообмінних апаратів наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика теплообмінних апаратів

Характеристики	Нагрівач, що проектується	Пластинчатий теплообмінний апарат	Кожухотрубний одноходовий теплообмінник
Продуктивність по вихідній сировині, кг/с (бал)	1,46(1)	1,46(1)	1,46(1)
Температура теплоносія, К (бал)	800 (5)	302 (3)	313 (2)
Розрахунковий тиск, МПа (бал)	1,2 (5)	0,6(4)	0,1(3)
Поверхня теплообміну, м ² (бал)	43,5 (3)	239 (4)	279 (5)
Довжина труб апарату, м (бал)	1,5 (5)	4 (4)	8 (3)
Сума балів (макс 20)	19	16	14

За конструкцією запропонований у даному проекті нагрівач відрізняється від пластинчастого теплообмінника і кожухотрубного горизонтального одноходового теплообмінника можливістю роботи при високих тисках та досить маленькою поверхнею теплообміну.

Вибраний нагрівач повністю задовольняє вимогам процесу, має меншу поверхню теплообміну при роботі з високим тиском середовища. Дані теплообмінники можуть бути використані в газовій, аміачній галузях промисловості для нагрівання та охолодження рідких і газоподібних середовищ.

Розділююча колона

У обраній технологічній схемі очистки коксових газів використано двостадійну конденсацію аміаку з газової суміші. В другій стадії задіяно конденсаційну колону, в ній відбувається часткова конденсація аміаку з паралельною сепарацією.

За конструкцією запропонована конденсаційна колона відрізняється від поличного колонного апарата і колонного апарата з перфорованою насадкою можливістю роботи при високих тисках та досить великою поверхнею теплообміну.

Порівняльна характеристика теплообмінників наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика масообмінних апаратів

Характеристики	Розділююча колона з ковапачковими тарілками, що проектується	Масообмінний апарат з переточними тарілками	Масообмінний апарат з провальними тарілками
1	2	3	4
Продуктивність по вихідній суміші, кг/с (бал)	2,8 (1)	2,8 (1)	2,8 (1)

Продовження таблиці 3.2 – Порівняльна характеристика масообмінних апаратів

1	2	3	4
Продуктивність по вихідній суміші, кг/с (бал)	2,8 (1)	2,8 (1)	2,8 (1)
Температура, К (бал)	443 (5)	345 (4)	300 (3)
Число тарілок (бал)	8 (5)	12 (4)	16 (3)
Розрахунковий тиск, МПа (бал)	0,1 (3)	0,6 (4)	0,6 (4)
Сума балів (макс 20)	14	13	12

Вибрана розділююча колона повністю задовольняє вимогам процесам, які необхідні при очистці коксових газів апарат працює під невеликим тиском і відповідає оптимальним умовам протікання процесу. Дані масообмінні апарати можуть бути використані в газовій, фармацевтичній галузях промисловості.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апарата (машини)

Основними конструкційними матеріалами для зварної, кованої та литої хімічної апаратури найрізноманітніших класів, типів та хімічно-технологічного призначення є сталі вуглецеві, низьколеговані конструкційні (вуглецеві якісні, леговані), високолеговані (корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні), чавуни (сірі, лужностійкі) та сплави зі спеціальними властивостями [2].

Беручи до уваги робочу температуру, робочий тиск, агресивність середовища, для розділюючої колони вибираємо вуглецеву сталь звичайної якості СтЗсп ГОСТ 380-94. Допустимий тиск для такої сталі не більше 5×10^6 Па,

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

допустима робоча температура від 233 К (- 40° С) до 698 К(425° С). Для обичайок, днищ, фланців, розподільних і перерозподільних тарілок, патрубків штуцерів та інших деталей зварної хімічної апаратури відповідального призначення, яка працює з середовищами середньої агресивності, також можна використовувати сталь 3сп. Для нагрівача та його складових приймаємо матеріал Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Обраний матеріал призначений для зварних апаратів і посудин хімічного машинобудування, корпусів апаратів, фланців, днищ, деталей внутрішніх пристроїв апаратів, трубних пучків, що працюють при температурі від 203 К (- 70° С) до 873 К(600° С) з корозійним середовищем. Для опорних лап і підкладних листів можна використати сталь Ст3 ГОСТ 380-94 (сталь вуглецева звичайної якості). Допустимий тиск для такої сталі не більше 5 МПа, допустима робоча температура від 233 К(- 40 °С) до 698 К(425°С). Сталь корозійностійка аустенітно-феритного класу, легована, нормальної міцності. Для болтів можна використати Сталь 35 ГОСТ 1050-88, а для ущільнюваних прокладок – пароніт ПМБ ГОСТ 481-80 .

3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

3.4.1 Масообмінні апарати

Ректифікаційна колона [3].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.3.

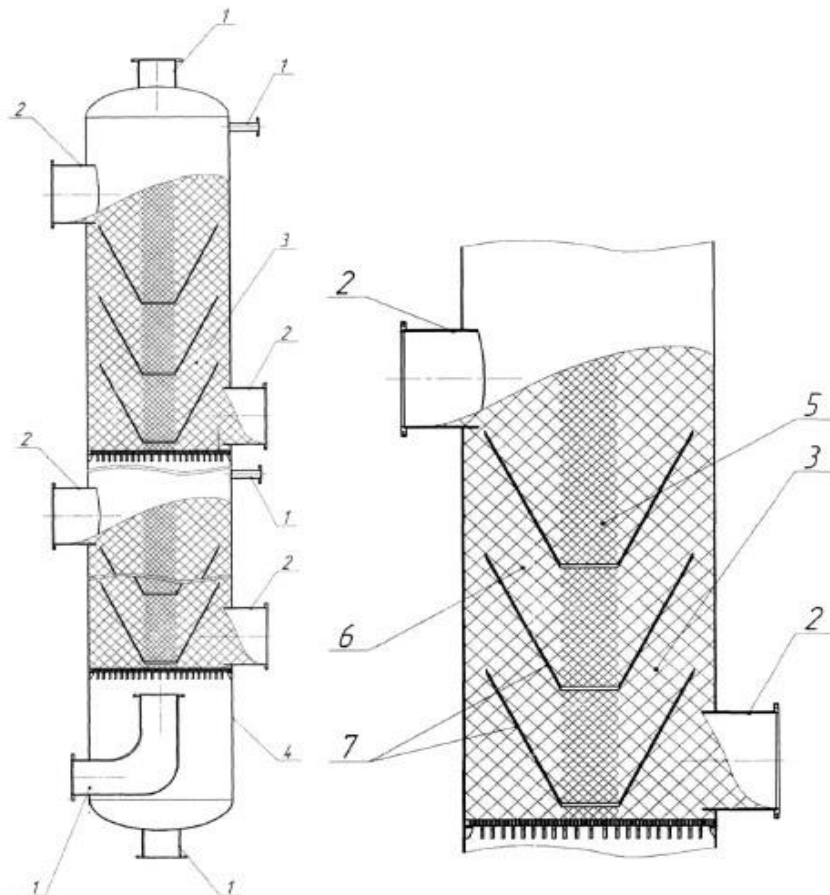
Елемент насадки ректифікаційної колони працює в такий спосіб.

По поверхні насипної насадки рідина під дією стікає, у протитечії до рідини піднімається газ, відбувається процес масообміну. За рахунок радіальних елементів насадки з вікнами 7 які заповнені насипною насадкою різного діаметра, причому розташована в середині колони насадка 5, а на периферії насадка 6, парова фаза спрямовується до периферійної області колони, а рідка фаза навпаки, до центру колони, унеможливаючи таким чином утворення "сухого конусу".

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Переваги апарата:

- 1) насипна насадка різного діаметра забезпечує рівномірність розподілу рідини по об'єму ректифікаційної колони, тобто збільшення ККД колони;
- 2) малий гідравлічний опір колони;
- 3) невеликі затрати енергії.



1 – штуцери для підводу та відводу готового продукту кубового залишку та підводу флегми; 2 – технологічний штуцер; 3 – насадки ректифікаційної колони; 4 – корпус; 5 – насадка меншого розміру; 6 – насадка більшого розміру; 7 – насадки з вікнами.

Рисунок 3.3 – Ректифікаційна колона

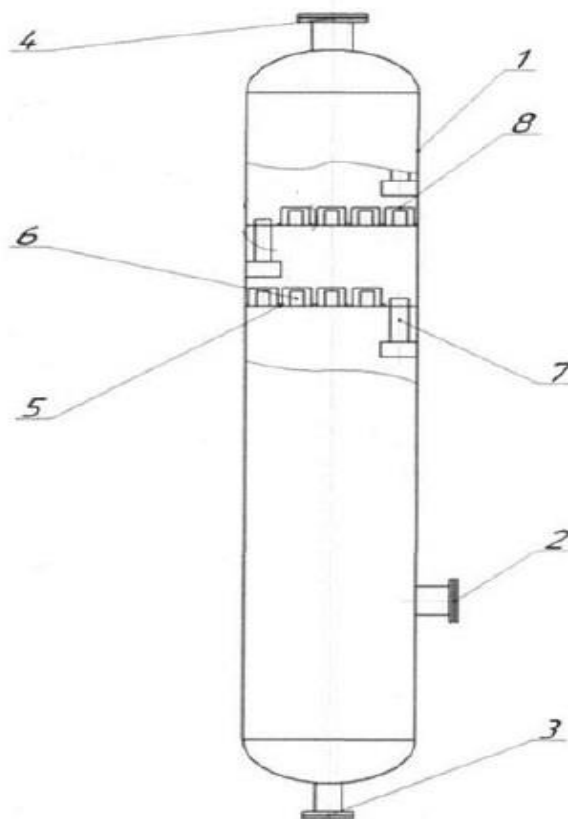
Недоліки апарата:

- 1) складність заміни насадки в разі необхідності;
- 2) можливість забивання пропускної решітки.

Колона ректифікаційна з ковпачковими тарілками [4].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.4.

В колону потрапляє початкова суміш через штуцер 2. Пари поступають ерез патрубки 6 в ковпачки 8, з рідини забирають до верхніх прорізів 9 і після чого пройшовши шлях під спіраллю парова суміш, починає барботувати за межами ковпачків 8. Тяжка фракція в рідині конденсується і поступає на тарілку через патрубки 7, що знаходяться нижче, а пари поступають в вищу тарілку через патрубки.



1 – корпус; 2 – штуцера для входу парорідинної суміші 3 – штуцера для виходу рідини (важкої фракції); 4 – штуцера для виходу парів (легкої фракції); 5 – тарілки; 6 – парові патрубки; 7 – переливні пристрої; 8 – ковпачки.

Рисунок 3.4 – Колона ректифікаційна з ковпачковими тарілками

Переваги апарата:

1) збільшується поверхня фазового контакту час перебування суміші під спіраллю і підвищується ефективність процесу масообміну

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

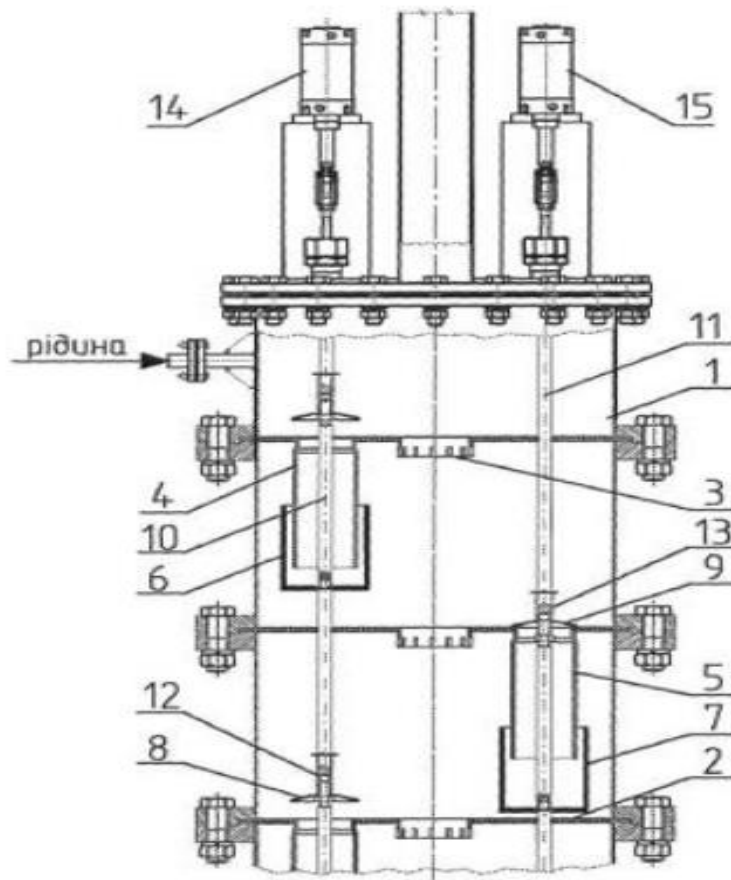
2) малий гідравлічний опір колони.

Недоліки апарата:

- 1) ускладненість конструкції;
- 2) підвищення часу ремонтних робіт та часу очистки.

Ректифікаційна колона з керованими циклами [5].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.5.



1 – корпус; 2 – тарілки; 3 – контактні елементи; 4, 5 – переливні труби;
6, 7 – стакани; 8, 9 – клапани; 10, 11 – рухомі тяги; 12, 13 – пружини;
14, 15 – приводні механізми.

Рисунок 3.5 – Ректифікаційна колона з керованими циклами

На тарілку живлення безперервно надходить рідина. В нижню частину колони постійно поступає гріюча пара. В нижньому положенні знаходиться тяга

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		27

11, в якому клапани 9 закривають отвори труб 5, що розташовані на тарілках. Після досягнення рівня на верхній тарілці привід 14 піднімає тягу 10 у верхнє крайнє положення, клапани 8 піднімаються на певну висоту, відкриваються отвори переливних труб 4, і рідина переливається з верхньої (непарної) тарілки на нижче розташовану (парну) тарілку через переливну трубу 4 і стакан 6.

Переваги апарата:

- 1) зміцнення конструкції
- 2) підвищення ефективності масообміну між рідиною і парою на ступенях контакту,
- 3) збільшення корисного об'єму ректифікаційної колони, її пропускної здатності по рідині
- 4) мала собівартості обладнання.

Недоліки апарата:

- 1) ускладненість конструкції;
- 2) підвищення часу ремонтних робіт та часу очистки.

Масообмінний апарат [6].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.6

У апараті вставлені тарілки для перехресного руху теплоносіїв, що мають одну або декілька стін, які виходять з тарілки. Приєднувальні стіни з'єднані і забезпечують структурну підтримку для тарілок хрестових ковпачків.

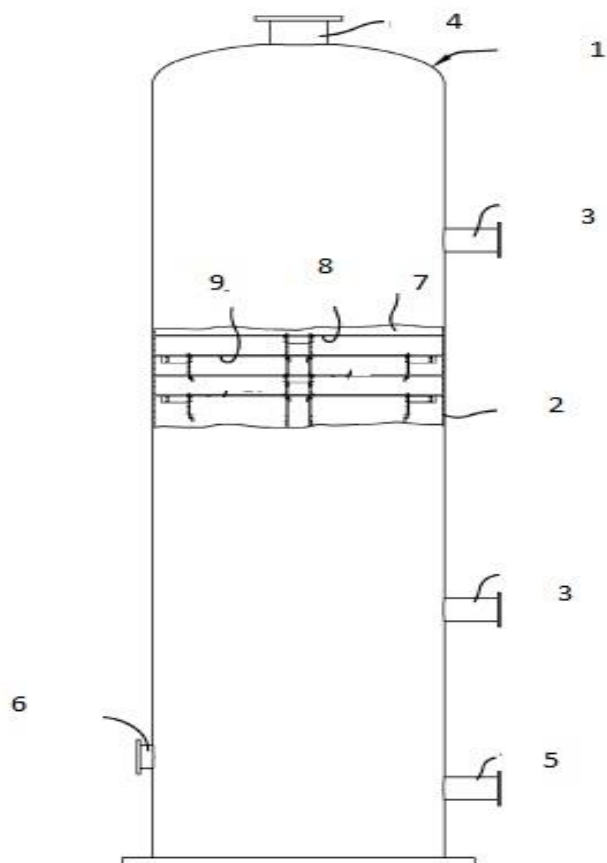
Переваги апарата:

- 1) підвищення ефективності масообміну між рідиною і парою на ступенях контакту;
- 2) мала собівартості обладнання.

Недоліки апарата:

- 1) підвищення часу ремонтних робіт та часу очистки.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		



1 – кришка; 2 – корпус; 3,4,5,6 – штуцери для підводу та відведення речовини 7,8,9 – тарілки.

Рисунок 3.6 – Масообмінний апарат

Масообмінний апарат [7].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.7.

До апарата для розділення поступає газ і рідина. Апарат містить щонайменше один колекторний піднос 1 та систему розподілу рідини 5 розташовану між двома корпусами 7.

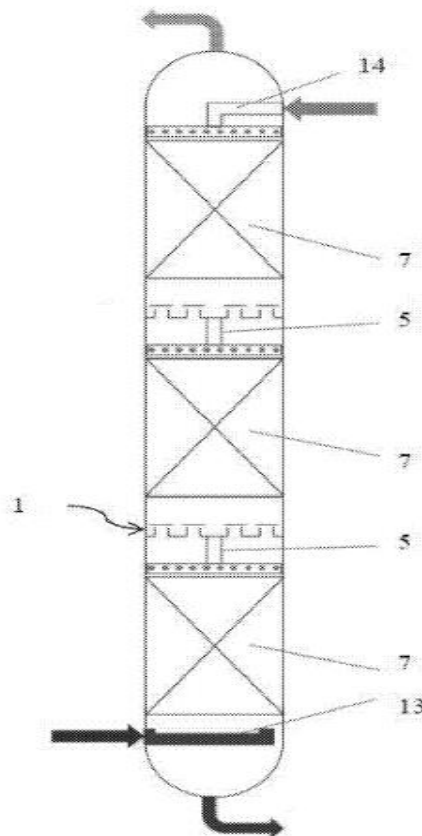
Переваги апарата:

- 1) малий гідравлічний опір колони;
- 2) невеликі затрати енергії.

Недоліки апарата:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

- 1) можливість забивання пропускної решітки.



1 – колекторні підноси; 5 – 7 – корпус; 13 – гарозподільник;
14 – розподільник.

Рисунок 3.7 – Масообмінний апарат

3.4.2. Теплообмінні апарати

Перехресний кожухотрубний теплообмінник [8].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.8.

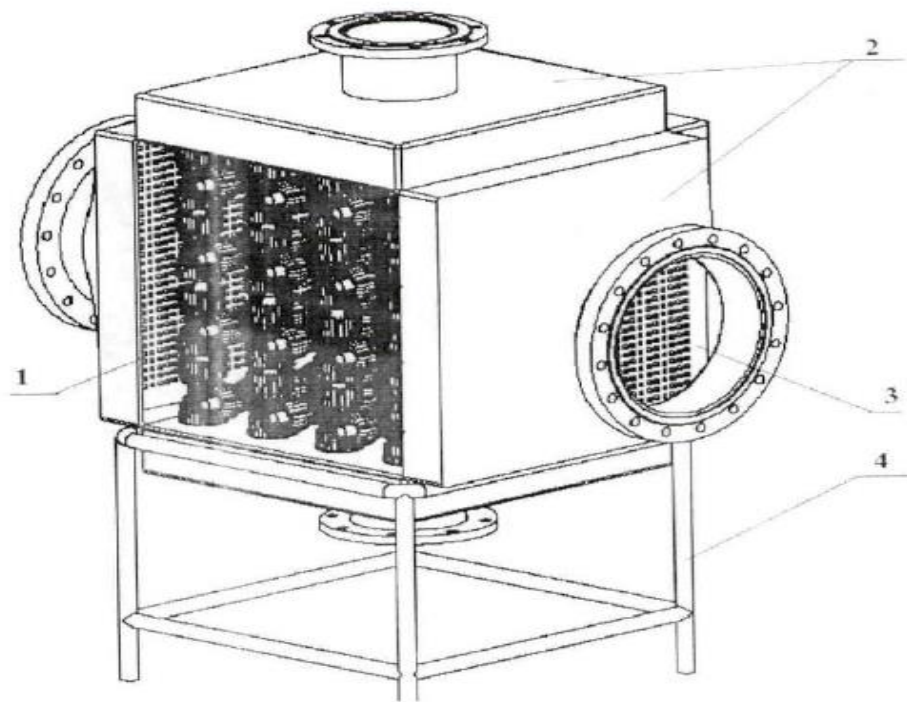
В теплообмінник рідина поступає у внутрішню трубну секцій зі оребренням 1 і віддає тепло повітря, що циркулює. Повітря поступає через штуцери у корпусі 2 і проходить через розподільчі решітки 3.

Переваги апарата:

- 1) повітряний потік турбулізується, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт теплопередачі;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		

2) підвищена ефективність апарата.



1 – перехреснення трубних секцій зі спеціальним ребренням; 2 – корпус;
3 – розподільна решітка; 4 – опора.

Рисунок 3. 8 – Перехресний кожухотрубний теплообмінник

Недоліки апарата:

1) складна очистка міжтрубного простору.

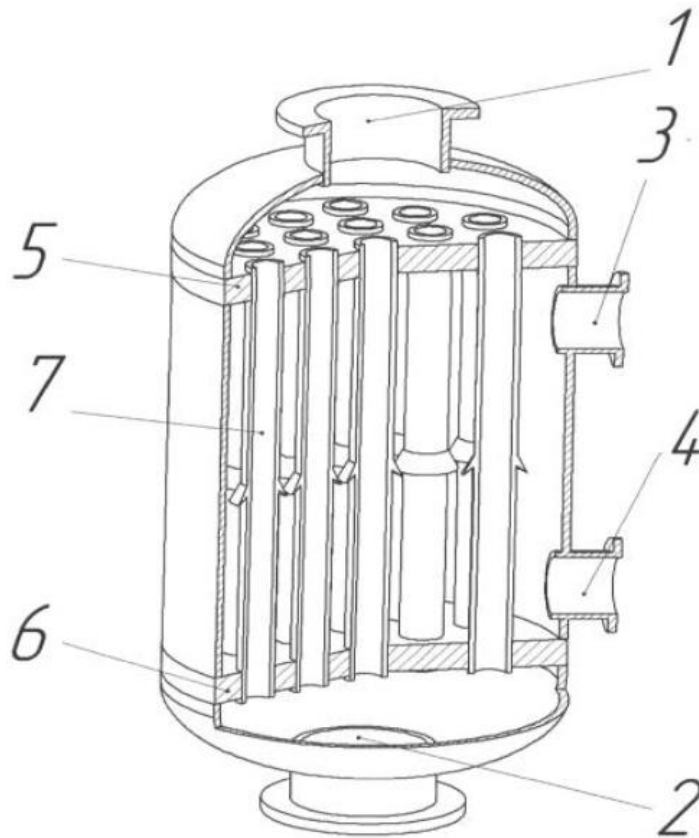
Вертикальний кожухотрубний теплообмінник [9].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.9.

Апарат працює наступним чином.

Пара надходить під тиском по штуцеру 3, яку потрібно сконденсувати, вона проходить по міжтрубному простору, спочатку конденсується, а потім стікає вниз по трубах 7, конденсат виводиться через штуцер 4. Речовина направляється по пучках теплообмінних труб 7 в наступну камеру. Речовина таким чином, проходячи всі пучки теплообмінних труб 7 поступово нагрівається,. В

теплообмінному апараті використовуються теплообмінні труби 7. Речовина при проходженні по цих трубах пристінний шар потоку створює турбулентні вихри.



1, 2, 3, 4 – штуцери підводу та відведення речовини; 5 – верхня трубна решітка;
6 – нижня трубна решітка; 7 – теплообмінні трубки.

Рисунок 3.9 – Вертикальний кожухотрубний теплообмінник

Переваги апарата:

- 1) високий коефіцієнт тепловіддачі, а отже і теплопередачі;
- 2) висока продуктивність теплообмінного апарата.

Недоліки апарата:

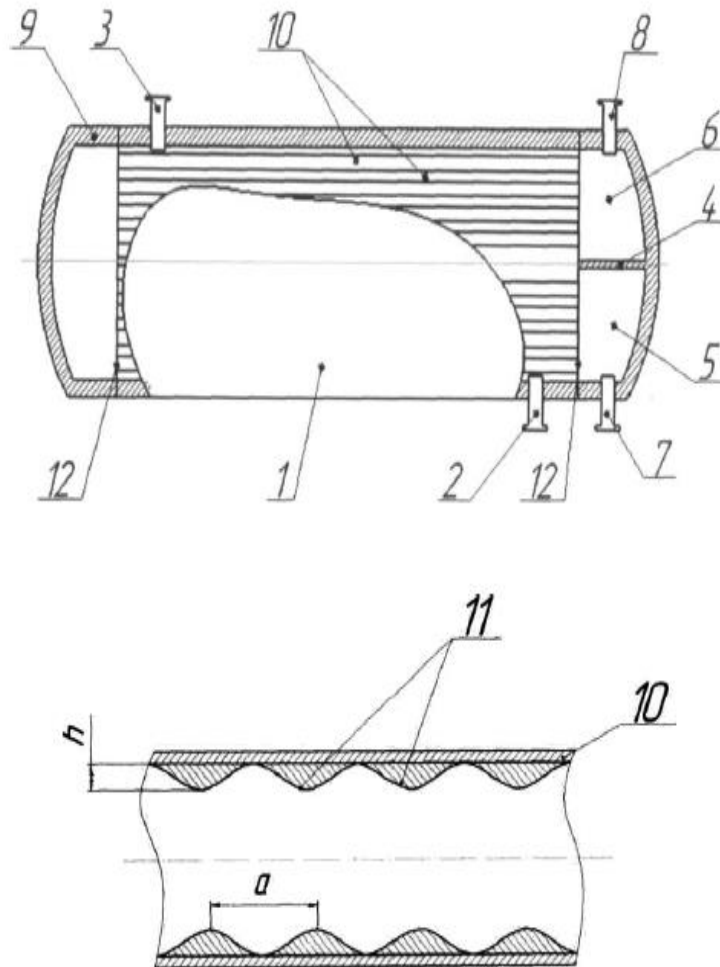
- 1) Складність очистки міжтрубного простору.

Кожухотрубний теплообмінник [10].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.10.

Кожухотрубний теплообмінник працює наступним чином.

Речовину, якій потрібно змінити температуру, під тиском подають по штуцеру 7 в камеру подачі 5. Далі речовина направляється по пучках теплообмінних труб 10 і повертається в днище 9 і по іншому трубному пучку 10 надходить в камеру 6.



1 – циліндричний кожух; 2, 3 – патрубки підведення і відведення продукту;
 4 – кришка із перегородкою; 5, 6 – камера подачі та відводу теплоносія;
 7, 8 – штуцери підведення і відведення; 9 – днище; 10 – теплообмінні труби;
 11 – параболічні виступи; 12 – трубна решітка; h – висота виступів;
 a – відстань між виступами.

Рисунок 3.10 – Кожухотрубний теплообмінник

Переваги апарата:

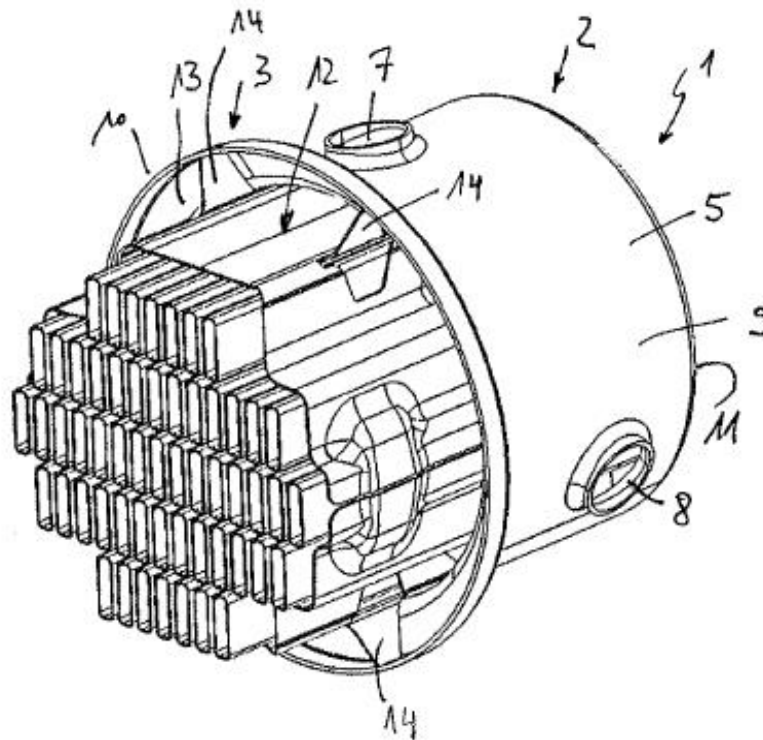
1) велика поверхня тепловіддачі з зовнішньої поверхні труб.

Недоліки апарата:

- 1) складність конструкції.

Теплообмінник [11].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.11.



- 1 – трансформатор; 2, 3 – фланцеве кільце; 4 – теплообмінні труби;
5 – корпус ; 7, 8 – штуцери підведення і відведення; 9, 10 – фланець;
11 – кришка; 12 – сепаратор; 13 – міжтрубний простір; 14 – внутрішній корпус.

Рисунок 3.11 – Теплообмінник

Переваги апарата:

- 1) високий коефіцієнт тепловіддачі, а отже і теплопередачі;
- 2) малий гідравлічний опір;
- 3) висока продуктивність теплообмінного апарата.

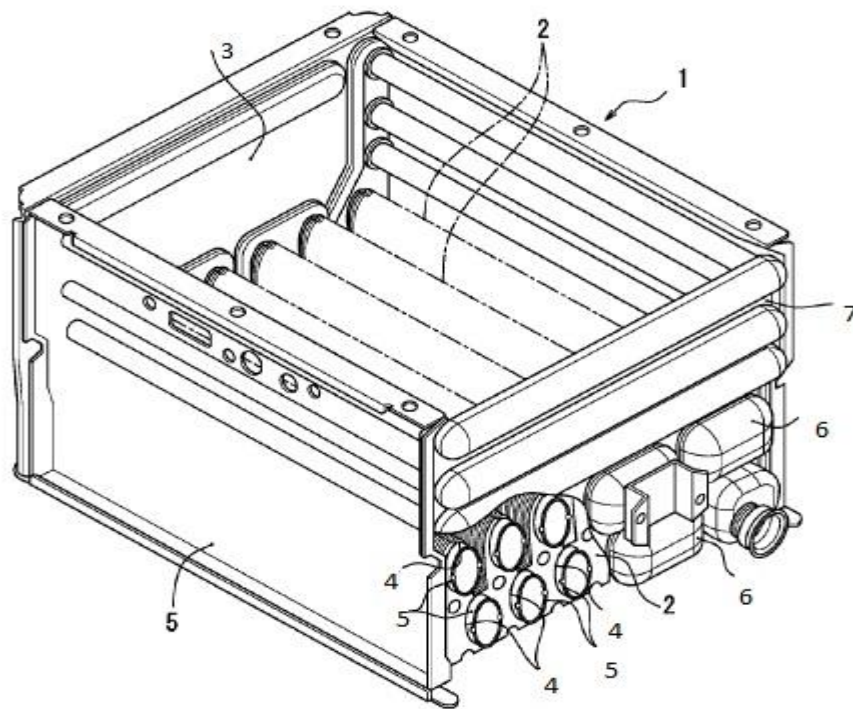
Недоліки апарата:

- 1) складність очистки міжтрубного простору;
- 2) висока металоємність.

Теплообмінник [12].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.12.

Теплообмінник включає в себе велику кількість тонких пластин-теплопередачі для поглинання тепла. Передачі теплопередачі розташовані паралельно з протилежними бічними стінками (передня бічна стінка та задньою бічною стінкою корпусу між бічними стінками. У цьому зовнішнє обличчя передньої бічної стінки є передньою поверхнею теплообмінника. При огляді з передньої сторони корпусу напрямом глибини відповідає напрямку переднього зворотного боку, напрямом ширини відповідає горизонтальному напрямку, а напрям висоти відповідає вертикальному напрямку.



1, 2, 3 – корпус апарата; 4 – вставки для отворів; 5 – теплообмінні труби;
6 – кришка; 7 – бічна стінка.

Рисунок 3.12 – Теплообмінник

Переваги апарата:

- 1) невеликі затрати енергії;
- 2) низька металоємність.

Недоліки апарата:

- 1) ускладнена герметизація;
- 2) відсутня можливість відведення сконденсованого теплоносія в процесі;

Висновок: в результаті патентного пошуку встановлено, що сучасні тенденції модернізації процесів направлені на підвищення поверхні теплообміну потоків. В запропонованій конструкції апарата не використовуються технічні рішення захищені правами інтелектуальної власності, а отже апарат є патентно чистим.

В основу модернізації задачу інтенсифікації теплообміну за рахунок голок (конуса), які розташовані на внутрішній поверхні теплообмінної труби.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Параметричний розрахунок розділюючої

Метою розрахунку є визначення матеріального балансу колони та приколонників.

Вихідні данні:

витрата надсмольної води G_v , кг/с(кг/год)	2,8 (10140);
концентрація аміаку у воді C_{NH_3} , кг/м ³	7;
концентрація сірководню у воді C_{H_2S} , кг/м ³	2;
концентрація вуглекислоти у воді C_{CO_2} , кг/м ³	4.

Розрахункова схема розділюючої колони представлена на рисунку 4.1.

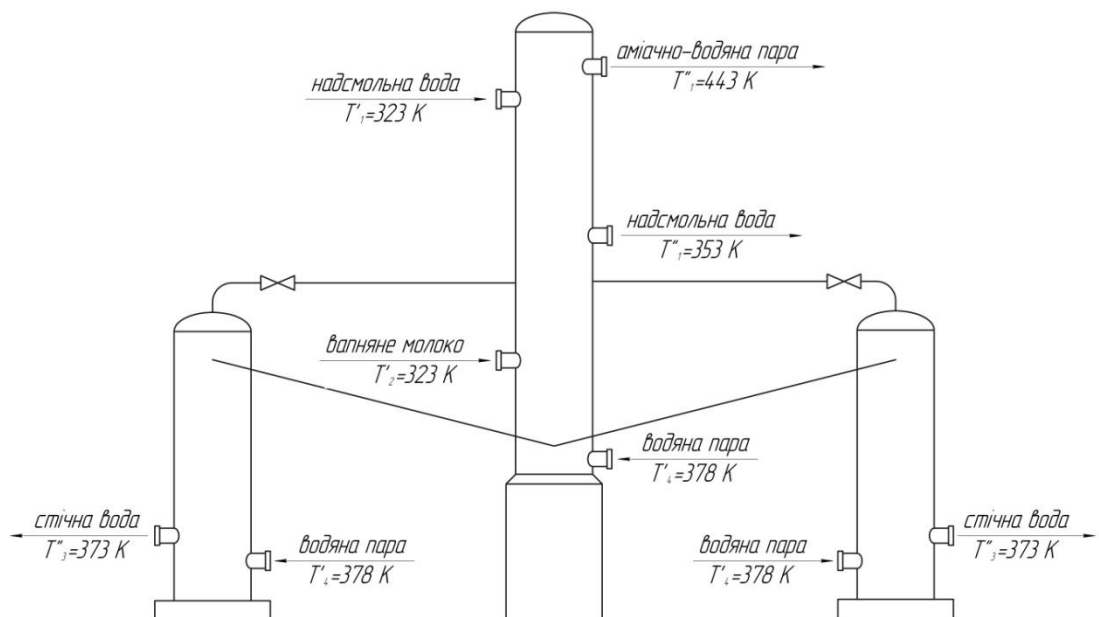


Рисунок 4.1 – Схема розділюючої колони

Розрахунок ведемо згідно методики [13].

Загальна вага надсмольної води дорівнює:

$$G = G_v + m_{NH_3} + m_{H_2S} + m_{CO_2} = 10140 + 71 + 20 + 41 = 10272 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

де m_{NH_3} – кількість аміаку у воді, $m_{\text{NH}_3} = 0,007 \cdot 10140 = 71$ кг/год;

$m_{\text{H}_2\text{S}}$ – кількість сірководню у воді, $m_{\text{H}_2\text{S}} = 0,002 \cdot 10140 = 20$ кг/год;

m_{CO_2} – кількість вуглекислоти у воді, $m_{\text{CO}_2} = 0,004 \cdot 10140 = 41$ кг/год.

Кількість аміаку у вигляді $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ дорівнює:

$$m'_{\text{NH}_3} = m_{\text{H}_2\text{S}} \cdot \frac{2 \cdot M_{\text{NH}_3}}{M_{\text{H}_2\text{S}}} = 20 \cdot \frac{34}{34} = 20 \text{ кг/год} = 0,00568 \text{ кг/с}$$

де $M_{\text{H}_2\text{S}}$ – молярна маса сірководню, $M_{\text{H}_2\text{S}} = 34 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$;

M_{NH_3} – молярна маса аміаку, $M_{\text{NH}_3} = 17 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$.

Кількість аміаку у вигляді $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ дорівнює:

$$m''_{\text{NH}_3} = m_{\text{CO}_2} \cdot \frac{2 \cdot M_{\text{NH}_3}}{M_{\text{CO}_2}} = 41 \cdot \frac{34}{44} = 32 \text{ кг/год} = 0,00905 \text{ кг/с}$$

де M_{CO_2} – молярна маса вуглекислоти, $M_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$.

Відповідно, загальна кількість летючого аміаку дорівнює:

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}} = m'_{\text{NH}_3} + m''_{\text{NH}_3} = 20 + 32 = 52 \text{ кг/год} = 0,0144 \text{ кг/с},$$

та зв'язаного:

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}} = m_{\text{NH}_3} - m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}} = 71 - 52 = 19 \text{ кг/год} = 0,0052 \text{ кг/с}.$$

Кількість летючого аміаку у надсмольній воді:

$$\frac{m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}}}{G_{\text{в}}} \rho_{\text{в}} = \frac{52}{10272} 1000 = 0,005 \frac{\text{г}}{\text{л}} \text{ або } 0,5 \%,$$

де $\rho_{\text{в}}$ – густина води, $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Кількість летючого аміаку, виділеного у розділюючій колоні:

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}} = m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}} \cdot 98\% = 52 \cdot 0,98 = 51 \text{ кг/год} = 0,0141 \text{ кг/с},$$

де 98% – прийняте значення кількості виділеного аміаку у колоні.

Кількість зв'язаного аміаку, що випаровується у приколону:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}''} = m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}'} \cdot 95\% = 19 \cdot 0,95 = 18,05 \text{ кг/год} = 0,005 \text{ кг/с},$$

де $m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}'}$ – кількість зв'язаного аміаку, $m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}'} = 19 \text{ кг/год}$;

95% – прийняте значення кількості виділеного аміаку у колоні.

Відповідно, загальна кількість виділеного із надсмольної води аміаку дорівнює:

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}} = m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}''} + m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}'} = 18,05 + 51 = 69,05 \text{ кг/год}$$

Кількість дистилату аміаку та водяних парів:

$$D = \frac{m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}}}{10\%} = \frac{69,05}{0,1} = 690,5 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,191 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де 10% – вміст аміаку в дистилаті (парах, що покидають дефлегматор). Із них аміаку 0,191 кг/с і води 0,179 кг/с.

Крім того, приймаємо, що вся вуглекислота та сірководень виділяються у дистилат.

Таким чином загальна кількість дистилату буде дорівнювати, кг/с:

води	0,179;
аміаку	0,191;
вуглекислоти	0,01025;
сірководню	0,0055;
Загально	0,2138.

При взаємодії вапняного молока на нелетючі з'єднання аміаку відбувається реакція типу:



тобто на 1 кг зв'язаного NH_3 необхідно витратити активну CaO :

$$m'_{\text{CaO}} = \frac{M_{\text{CaO}}}{2 \cdot M_{\text{NH}_3}} = \frac{56}{34} = 1,65 \text{ кг}.$$

На 19 кг зв'язаного NH_3 знадобиться CaO :

$$m_{\text{CaO}} = m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}} \cdot m'_{\text{CaO}} = 19 \cdot 1,65 = 31 \text{ кг/год} = 0,0085 \text{ кг/с}.$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

Необхідна кількість вапняного молока складає:

$$\nu_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{m_{\text{CaO}}}{C_{\text{Ca(OH)}_2}} \cdot \rho_{\text{в}} = \frac{31}{56} \cdot 1000 = 554 \text{ л} = 0,554 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

де $C_{\text{Ca(OH)}_2}$ – концентрація вапняного молока, $C_{\text{Ca(OH)}_2} = 56 \text{ кг/м}^3$.

Вага вапняного молока:

$$m'_{\text{Ca(OH)}_2} = \nu_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot \gamma_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,554 \cdot 1043 = 578 \text{ кг/год},$$

де $\gamma_{\text{Ca(OH)}_2}$ – питома вага вапняного молока, $\gamma_{\text{Ca(OH)}_2} = 1043 \text{ кг/м}^3$.

Враховуючи наявність у надсмольній воді вуглекислоти та сірководню, що зв'язують активне вапно, а також необхідність надлишку вапна, збільшуємо витрату вапна на 20%.

Приймаємо кількість вапняного молока:

$$G_{\text{Ca(OH)}_2} = m'_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot 1,2 = 578 \cdot 1,2 = 694 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,19 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Загальний матеріальний баланс розділюючої колони (без урахування флегми):

Потрапляє до колони, кг/с:

надсмольна вода:

аміак	0,197;
вуглекислота	0,01025;
сірководень	0,0055;
вода	2,8;
вапняне молоко	0,19
Загально	3,02545.

Виходить з колони, кг/с:

концентровані аміачні пари:

аміак	0,0191;
вуглекислота	0,01025;
сірководень	0,0055;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		40

вода	0,179;
стічна вода з приколонника	W;
Загально	3,02545.

Звідси кількість стічної води дорівнює: $W_{H_2O} = 10122 \text{ кг/год} = 2,8116 \text{ кг/с}$ з них аміаку $W_{NH_3} = 1 \text{ кг/год} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с}$.

Вміст аміаку у стічній воді дорівнює:

$$W'_{NH_3} = \frac{W_{NH_3} \cdot \rho_{\epsilon}}{W_{H_2O}} = \frac{1 \cdot 1000}{10122} = 0,098 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ або } 0,0098 \text{ \%}.$$

Визначаємо кількість надсмольної води, що потрапляє із розділюючої колони до приколонника.

Із розділюючої колони до приколонника потрапляє, кг/с:

аміаку	0,0052;
надсмольної води	a;
вапняного молока	0,19;
загально потрапляє	0,1952+a.

Склад аміаку дорівнює:

$$x = \frac{0,0052}{0,1952 + a}.$$

Із приколонника виходять пари у розділюючої колону, що містять, кг/с:

Аміаку	0,005;
Води	b;
загальна кількість	0,005+b.

Кількість аміаку дорівнює:

$$X = \frac{0,005}{0,005 + b}.$$

Так як для слабких аміачних розчинів (концентрація нижче 1 кг/м³) рівновага підпорядковується закону Генрі $X = 10x$, отже:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$$\frac{0,005}{0,005 + b} = 10 \frac{0,0052}{0,1952 + a},$$

$$0,052b - 0,005a = 0,000716.$$

Друге рівняння – на основі матеріального балансу приколоники, кг/с:

потрапляє в приколонику 0,1952+a;

виходить із приколоники:

у вигляді парів у розділюючу колону 0,005+b;

стічної води 2,8.

Відповідно,

$$0,1952 + a = 0,005 + b + 2,8,$$

або

$$a - b = 2,655 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Вирішуючи ці два рівняння отримаємо:

$$a = 2,901 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$b = 0,246 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Таким чином, маємо наступний матеріальний баланс приколоники:

потрапляє в приколонику, кг/с:

аміаку 0,005;

вапняного молока 0,19;

води 2,901;

виходить із приколоники, кг/с:

аміаку 0,005;

води 0,246;

стічна вода 2,8;

загальна кількість 3,096.

Кількість аміаку у воді, що потрапляє у приколонику:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$$W_{\text{NH}_3}^{\text{прик}} = \frac{W_{\text{NH}_3}''}{W} \rho_{\epsilon} = \frac{19}{11146} \cdot 1000 = 1,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

де W – кількість речовини, що надходить в приколонтник, $W = 11146$ кг/год.

Визначаємо кількість флегми та її склад.

Мінімальне флегмове співвідношення визначається:

$$\nu_{\min} = \frac{x_d - x_p}{x_p - x_m} = \frac{10 - 2,5}{2,5 - 0,25} = 3,33,$$

де x_d – склад аміаку в дистилаті, $x_d = 10$ % ;

x_m – склад летючого аміаку в надсмольній воді, що потрапляє у розділюючу колону, $x_m = 0,25$ % ;

x_p – рівноважний склад аміаку в парах, $x_p = 2,5$ % .

Приймаємо дійсне флегмове співвідношення:

$$\nu = 1,2 \nu_{\min} = 1,2 \cdot 3,33 = 4.$$

Кількість флегми дорівнює:

$$g = \nu D = 4 \cdot 0,5 = 2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Загальна кількість парів (води та аміаку), що залишають колону:

$$G = g + D = 2 + 0,5 = 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

З врахуванням вуглекислоти та сірководню:

$$G_{\text{заг}} = G + G_{\text{CO}_2} + G_{\text{H}_2\text{S}} = 2,5 + 0,01025 + 0,0055 = 2,516 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Вміст аміаку в пахах, які залишають колону, визначаємо за рівністю:

$$X_G = \frac{X_d}{(\nu + 1)^{0,88}} = \frac{10}{(1 + 4)^{0,88}} = 2,4\%,$$

і відповідно водяних парів – 97,6%.

В загальній кількості парів міститься аміаку:

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{заг}} = \frac{X_G \cdot G}{100} = \frac{2,4 \cdot 2,5}{100} = 0,06 \text{ кг/с},$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

та відповідно води $m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{заг}} = 2,5 - 0,06 = 2,44 \text{ кг/с}$.

Вміст аміаку в флегмі:

$$m_{\text{NH}_3}^{\text{ф}} = m_{\text{NH}_3}^{\text{заг}} - m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}} = 0,06 - 0,0091 = 0,05 \text{ кг/с}.$$

Вміст води у флегмі:

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ф}} = m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{заг}} - m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{прик}} = 1,92 - 0,179 = 1,741 \text{ кг/с}.$$

Усього флегми:

$$m_{\text{фл}} = m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ф}} + m_{\text{NH}_3}^{\text{ф}} = 0,04 + 1,741 = 1,781 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Вміст аміаку у флегмі:

$$\frac{m_{\text{NH}_3}^{\text{ф}} \cdot \rho_{\text{в}}}{m_{\text{фл}}} = \frac{0,04 \cdot 1000}{1,781} = 22,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 2,24\%$$

Висновок: був визначений матеріальний баланс колони та приколонників.

Розрахунок числа тарілок розділюючої колони

Розділююча колона має зміцнюючу та вичерпну частини, для яких розрахунок кількості тарілок розраховується окремо.

Спочатку розраховуємо число тарілок для зміцнюючої частини колони

Так як вміст летючого аміаку у воді, що поступає дорівнює 0,25 %, то у зміцнюючій частині необхідна одна теоретична тарілка.

Дійсне число тарілок:

$$n = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ штуки},$$

де 0,5 – прийнятий коефіцієнт корисної дії тарілки [13].

Живлення повинно подаватись на другу тарілку згори, а флегма – на першу тарілку згори.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

Число тарілок для вичерпної частини розраховується виходячи з того, що вміст летючого аміаку знижується від 0,25 % до величини, що дорівнює летючому аміаку у воді, яка потрапляє у вапняний змішувач.

Ця величина дорівнює:

$$\frac{m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}'}}{a + m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}'}} \cdot \rho_{\text{в}} = \frac{1}{10444 + 19} \cdot 1000 = 0,095 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \text{ або } 0,0095 \%,$$

a – кількість надсмольної води, що виходить з колони, $a = 10444 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$;

$m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}'}$ – кількість летючого аміаку, що залишається у воді після колони, $m_{\text{NH}_3}^{\text{лет}'} = 1 \text{ кг}$;

$m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}'}$ – кількість зв'язаного аміаку, що потрапляє у змішувач, $m_{\text{NH}_3}^{\text{зв}'} = 19 \text{ кг}$.

Завантажувальне співвідношення:

$$u = \frac{M}{D} = \frac{10211}{1800} = 5,7,$$

де $M = 10211 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ – вага завантаження.

Рівняння робочої лінії:

$$X = \frac{\nu + u}{\nu + 1} x - \frac{u - 1}{\nu + 1} x_R,$$

де $x_R = 0,0095 \%$ – кількість летючого аміаку у воді, яка потрапляє у вапняний змішувач.

Тоді

$$X = \frac{4 + 5,7}{5} x - \frac{5,7 - 1}{5} \cdot 0,0095,$$

$$X = 1,94x - 0,0089.$$

Склад парової фази на першій тарілці:

$$X_1 = 1,94x - 0,0089 = 1,94 \cdot 0,5 - 0,0089 = 0,9611\%.$$

Склад рідкої фази на першій тарілці:

$$x_1 = 0,09611\%.$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Склад парової фази на другій тарілці:

$$X_2 = 1,94x_1 - 0,0089 = 1,94 \cdot 0,09611 - 0,0089 = 0,177\%.$$

Склад рідкої фази на другій тарілці:

$$x_2 = 0,0177\%.$$

Склад парової фази на третій тарілці:

$$X_3 = 1,94x_2 - 0,0089 = 1,94 \cdot 0,0177 - 0,0089 = 0,0254\%.$$

Склад рідкої фази на третій тарілці:

$$x_3 = 0,00254\% < x_R.$$

Таким чином, необхідно мати три теоретичних тарілок.

Приймаючи коефіцієнт корисної дії рівним 0,5 [13

], отримаємо дійсне число тарілок:

$$n = \frac{3}{0,5} = 6 \text{ штук.}$$

Для підвищення надійності колони додаємо 2 тарілки. Приймаємо кількість тарілок у розділюючій колоні – 8 штук.

Розрахунок числа тарілок приколонників

Число тарілок в одному приколонку приймаємо із розрахунку зниження вмісту аміаку від 1,7% до 0,0095%.

Рівняння робочої лінії:

$$X = \frac{v+u}{v+1}x - \frac{u-1}{v+1}x_R,$$

де x_R – кількість летючого аміаку у стічній воді, $x_R = 0,0095\%$.

v – дійсне флегмове співвідношення, $v = 4$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

Завантажувальне співвідношення:

$$u = \frac{M}{D} = \frac{11146}{1800} = 6,19,$$

де M – вага завантаження у приколонок, $M = 11146$ кг/год.

тоді

$$X = \frac{4 + 6,2}{5}x - \frac{6,2 - 1}{5} \cdot 0,0095,$$

або

$$X = 1,64x - 0,0098.$$

Склад парової фази на першій тарілці:

$$X_1 = 1,7\%.$$

Склад рідкої фази на першій тарілці:

$$x_1 = 0,17\%.$$

Склад парової фази на другій тарілці:

$$X_2 = 1,64x_1 - 0,00988 = 1,64 \cdot 0,17 - 0,00988 = 0,269\%.$$

Склад рідкої фази на другій тарілці:

$$x_2 = 0,0269\%.$$

Склад парової фази на третій тарілці:

$$X_3 = 1,64x_2 - 0,00988 = 1,64 \cdot 0,0269 - 0,00988 = 0,0343\%.$$

Склад рідкої фази на третій тарілці:

$$x_3 = 0,00343\% < 0,0095\%.$$

Таким чином, необхідно мати три теоретичних тарілок.

Приймаючи коефіцієнт корисної дії рівним 0,4 (враховуючи забивання отворів у ковпаках горловин), отримаємо необхідне число дійсних тарілок у приколону:

$$n = \frac{7}{0,4} = 8 \text{ штук.}$$

Висновок: загальна кількість тарілок у колоні та приколонниках – 24 штуки.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

Тепловий розрахунок розділюючої колони

Тепло, яке виноситься аміачною водою у розділюючу колону:

$$Q_1 = G \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot T'_1 = 2,85 \cdot 4,19 \cdot 323 = 3857 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

де $c_{\text{H}_2\text{O}}$ – теплоємність води, $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

T'_1 – вхідна температура надсмольної води, $T'_1 = 323 \text{ К}$.

Тепло, яке виноситься вапняним молоком:

$$Q_2 = G_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot c_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot T'_2 = 0,19 \cdot 3,98 \cdot 323 = 244 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

де $c_{\text{Ca(OH)}_2}$ – теплоємність вапняного молока, $c_{\text{Ca(OH)}_2} = 3,98 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

T'_2 – вхідна температура вапняного молока, $T'_2 = 323 \text{ К}$.

Тепло, яке виноситься флегмою:

$$Q_3 = g \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot t''_1 = 2 \cdot 4,19 \cdot 353 = 1183 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

де $c_{\text{H}_2\text{O}}$ – теплоємність флегми, $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

T''_1 – температура флегми, $T''_1 = 353 \text{ К}$.

Загальна кількість вхідного тепла:

$$Q_{\text{надх}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 3857 + 244 + 1183 = 5284 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

Тепло, яке виноситься парами із колони:

$$\begin{aligned} Q_4 = & m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{заг}} (595 + c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot T'') + m_{\text{NH}_3}^{\text{заг}} \cdot c_{\text{NH}_3} \cdot T'' + m_{\text{H}_2\text{S}} \cdot c_{\text{H}_2\text{S}} \cdot T'' + \\ & + m_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{CO}_2} \cdot T'' = 2,44 \cdot (595 + 4,19 \cdot 373) + 0,06 \cdot 2,128 \cdot 373 + \\ & + 0,0055 \cdot 1 \cdot 373 + 0,01025 \cdot 0,213 \cdot 373 = 541 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \end{aligned}$$

де c_{NH_3} – теплоємність аміаку, $c_{\text{NH}_3} = 2,128 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

$c_{\text{H}_2\text{O}}$ – теплоємність води, $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

$c_{\text{H}_2\text{S}}$ – теплоємність сірководнюку, $c_{\text{H}_2\text{S}} = 1 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

c_{CO_2} – теплоємність вуглекислоти, $c_{\text{CO}_2} = 0,8 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

T'' – температура на виході з колони, $T'' = 373 \text{ К}$.

Тепло, яке виноситься стічною водою:

$$Q_5 = (a - b) \cdot T'' + G_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot c_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot T'' = (2,901 - 0,246) \cdot 373 + 0,19 \cdot 3,98 \cdot 373 = 1256 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}.$$

Тепло хімічної реакції:

а) тепло розкладання $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$:

$$q_1 = m_{\text{CO}_2} \cdot q_{\text{CO}_2} = 0,01025 \cdot 1020 = 10,45 \frac{\text{кДж}}{\text{с}},$$

де q_{CO_2} – тепло розкладання, $q_{\text{CO}_2} = 1020 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

б) тепло розкладання $(\text{NH}_4)_2\text{S}$:

$$q_2 = m_{\text{H}_2\text{S}} \cdot q_{\text{H}_2\text{S}} = 0,0055 \cdot 764 = 4,202 \frac{\text{кДж}}{\text{с}},$$

де $q_{\text{H}_2\text{S}}$ – тепло розкладання, $q_{\text{H}_2\text{S}} = 764 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

в) тепло виділення аміаку із розчину:

$$q_3 = m_{\text{NH}_3} \cdot q_{\text{NH}_3} = 0,0191 \cdot 2057 = 39,3 \frac{\text{кДж}}{\text{с}},$$

де q_{NH_3} – тепло виділення, $q_{\text{NH}_3} = 2057 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

г) тепло виділення вуглекислоти із розчину:

$$q_4 = m_{\text{CO}_2} \cdot q_{\text{CO}_2} = 0,01025 \cdot 533 = 5,46 \frac{\text{кДж}}{\text{с}},$$

де q_{CO_2} – тепло виділення, $q_{\text{CO}_2} = 533 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$;

д) тепло виділення сірководню із розчину:

$$q_5 = m_{\text{H}_2\text{S}} \cdot q_{\text{H}_2\text{S}} = 0,0055 \cdot 584 = 3,2 \frac{\text{кДж}}{\text{с}},$$

де $q_{\text{H}_2\text{S}}$ – тепло виділення, $q_{\text{H}_2\text{S}} = 584 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$$Q_6 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 10,45 + 4,202 + 39,3 + 5,46 + 3,2 = 62,6 \approx 63 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

Витрата тепла:

$$Q_{\text{вир}} = Q_4 + Q_5 + Q_6 = 541 + 1256 + 63 = 1860 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}.$$

Таким чином, необхідно передати тепло гріючим паром:

$$Q = Q_{\text{надх}} - Q_{\text{вир}} = 5284 - 1860 = 3424 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}.$$

Загальні витрати теплоти:

$$Q_{\text{заг}} = Q + Q_{\text{н.с.}} = 3424 + 38,02 = 3462,02 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

де $Q_{\text{н.с.}}$ – втрати тепла у оточуюче середовище 1%, $Q_{\text{н.с.}} = 38,02 \text{ кДж / кг}$;

Витрати гріючої пари:

$$G_{\text{г.п.}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{\Delta H - T_3''} = \frac{3462,02}{2730 - 373} = 1,46 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де ΔH – тепловміст водяної пари, $\Delta H = 2730 \text{ кДж/кг}$.

Витрати гріючої пари:

на 1 т аміаку:

$$G_{\text{г.п.}}^{\text{NH}_3} = \frac{G_{\text{г.п.}}}{m_{\text{NH}_3}^{\text{вид}}} = \frac{1,46}{0,0191} = 76 \text{ кг},$$

на 1 м³ надсмольної води:

$$G_{\text{г.п.}}^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{G_{\text{г.п.}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,46}{2,85} = 0,52 \text{ кг}.$$

Загальна кількість стічної води:

$$W_{\text{с.в.}} = W + G_{\text{г.п.}} = 2,8 + 0,52 = 3,32 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Визначення основних геометричних розмірів розділюючої колони

Об'єм парів, які проходять через колону:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

$$V = \left(\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{заг}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{m_{\text{NH}_3}^{\text{заг}}}{M_{\text{NH}_3}} + \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} + \frac{m_{\text{H}_2\text{S}}}{M_{\text{H}_2\text{S}}} \right) V_m \cdot \frac{T_1''}{273} \cdot \frac{760}{P} = \left(\frac{8784}{18} + \frac{216}{17} + \frac{41}{44} + \frac{20}{34} \right) \times \\ \times 22,4 \cdot \frac{443}{273} \cdot \frac{760}{840} = 16526 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 4,58 \text{ м}^3,$$

де $M_{\text{H}_2\text{O}}$ – молярна маса води, $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$ г/моль;

M_{NH_3} – молярна маса аміаку, $M_{\text{NH}_3} = 17$ г/моль;

M_{CO_2} – молярна маса вуглекислоти, $M_{\text{CO}_2} = 44$ г/моль;

$M_{\text{H}_2\text{S}}$ – молярна маса сірководню, $M_{\text{H}_2\text{S}} = 34$ г/моль;

$T_1'' = 443$ К – температура на виході з колони;

V_m – стала Авогадро, $V_m = 22,4$ л/моль;

P – тиск на виході із колони, $P = 840$ мм.рт.ст.

Необхідний переріз колони:

$$S = \frac{V}{3600v} = \frac{16526}{3600 \cdot 0,50} = 9,18 \text{ м}^2,$$

де v – швидкості парів у колоні, $v = 0,5$ м/с.

Діаметр колони:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,18}{3,14}} = 3,418 \text{ м.}$$

Висновок: згідно [13] приймаємо такі параметри:

Розділююча колона:

діаметр колони D , м 3,4;

число тарілок n , штук 8;

Приколонник:

діаметр приколонника D , м 3,4;

число тарілок n , штук 8;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

4.1.2 Розрахунок товщини стінки колони і приколонників

Метою розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки.

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м	3,4;
матеріал	09Г2С;
розрахункова температура стінки, К	443;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа [14]	154;
розрахунковий тиск p_R , МПа	0,1;
коефіцієнт міцності зварного шва ϕ [14]	0,9.

Розрахункова схема обичайки наведена на рисунку 4.2.

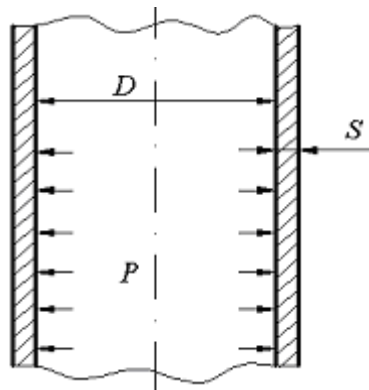


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Розрахунок ведеться згідно методики [14].

Визначаємо розрахункову товщину стінки циліндричної обичайки за безмоментною теорією :

$$S_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\phi - p_R} = \frac{0,1 \cdot 3,4}{2 \cdot 154 \cdot 0,9 - 0,1} = 0,003 \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини стінки:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 0,006 + 0,0017 + 0 = 0,0077 \text{ м,}$$

де c_1 – додаток до розрахункової товщини, що враховує корозію та ерозію, мм; $c_1 = 6$ мм; $c_2 = 0,0017$ м [15];

c_3 – технологічний додаток до розрахункової товщини, що враховує можливе стоншення листа металу, $C_3 = 0$;

c_0 - додаток до розрахункової товщини, який іде на округлення до найбільшої стандартної товщини листа.

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки:

$$S \geq S_R + c + c_0 = 0,003 + 0,0077 + 0,0013 = 0,012 \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 0,012 \text{ м.}$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 154 \cdot 0,9(0,012 - 0,0077)}{3,4 + 0,012 - 0,0077} = 0,350 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$p_R \leq [p],$$

$$0,1 < 0,350 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: визначена товщина стінки циліндричної обичайки $S = 0,012 \text{ м}$ забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

4.1.3 Розрахунок штуцерів колони

Мета: обрати стандартні штуцери за тиском та умовним діаметром.

Розрахункова схема до розрахунку діаметра штуцерів представлена на рисунку 4.3.

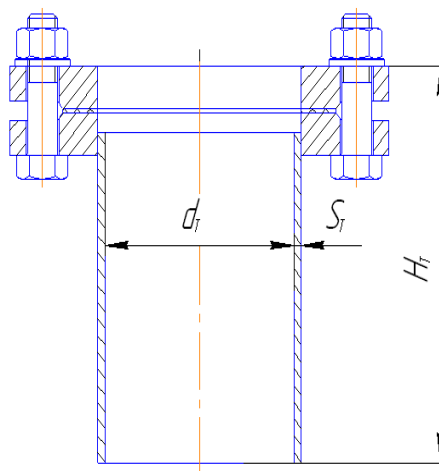


Рисунок 4.3 – Схема штуцера

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		53

Вихідні данні:

Діаметр апарата, D,м	3,4;
тиск в середині апарата, Р,МПа	0,1;
допустиме напруження матеріалу, [σ],МПа	154;
масова витрати над смольної води G_p , кг/с	2,63

Розрахунок проводимо за [14].

Розраховуємо діаметр штуцера для входу сировини:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4G_p}{\rho_p \pi W}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,44}{970 \cdot 3,14 \cdot 2}} = 0,078 \text{ м},$$

де W - рекомендована швидкість для води, w=2 м/с,

масова витрати над смольної води $G_p=2,44$ кг/с.

Обираю стандартний штуцер для входу сировини:

$D=80$ мм.

Решта штуцерів розраховуються за такою ж методикою. Результати розрахунків занесені до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку штуцерів

№	Призначення штуцера	Діаметр, D мм
1	Вхід сировини	80
2	Вхід водяної пари	500
3	Вихід парів	500
4	Вхід вапняного молока	40
5	Вихід стічної води	150

Висновок: вибрані стандартні штуцери для всіх входів та виходів колони.

4.1.4 Визначення вітрового навантаження на колонний апарат

Метою розрахунку є визначення вітрового навантаження, що діє на знефенолюючий скруббер в робочих умовах та перевірка умов міцності та стійкості апарата з урахуванням вітрового навантаження.

Вихідні дані до розрахунку:

Діаметр апарата D , м	3,4.
Висота апарата H , м	17,9.
Товщина стінки корпусу s , м	0,012.
Додаток до розрахункової товщини c , м	0,006.
Вага апарата G , Н	245250.
Матеріал корпусу	12X18H10T.
Розрахункова температура t_R , К	373.
Район встановлення колони	м.Київ.

Розрахункова схема дії вітрового навантаження зображено на рисунку 4.4. Апарат розглядаємо у вигляді вертикального стрижня з пружним защемленням. Вітрове навантаження змінюється по висоті апарата, тому стрижень умовно ділимо на 5 частини з висотою $h_i = 3,58$ м кожна. Вага кожної з них $G_i = G/5 = 245250/5 = 49050$ Н. Вважаємо, що центр ваги розташований посередині ділянки. Відстань x_i до центра ваги $x_1 = 16,33$ м, $x_2 = 12,72$ м, $x_3 = 8,95$ м, $x_4 = 5,37$ м, $x_5 = 1,79$ м.

Розрахунок проводимо згідно з [17]. Момент інерції перерізу фундаменту: $6,083 \text{ м}^4$

де D_K - діаметр фундаментного кільця опори.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

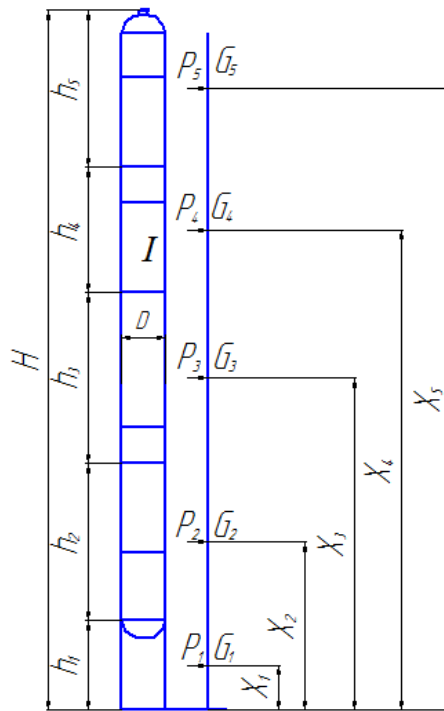


Рисунок 4.4 – Схема дії вітрового навантаження

Момент інерції основного верхнього металічного перерізу колони:

$$I_I = \frac{\pi}{64} \left[(D_I + 2s_I - 2c)^4 - D^4 \right] = \frac{3,14}{64 [(3,4 + 2 \cdot 0,012 - 2 \cdot 0,006)^4 - 3,4^4]} = 0,125 \text{ м}^4.$$

I – момент перерізу частин колони, які відрізняються діаметрами або товщинами стінок. В даному випадку $D = \text{const}$ і $s = \text{const}$.

Період основного тону власних коливань апарата постійного перерізу:

$$T = T_0 \sqrt{1 + \frac{4EI_I}{HC_F I_F}} = 0,247 \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,125}{17,9 \cdot 0,8 \cdot 10^8 \cdot 6,083}} = 1,002 \text{ с},$$

де:

$$T_0 = 1,8H \sqrt{\frac{GH}{gEI_I}} = 1,8 \cdot 28,4 \sqrt{\frac{245250 \cdot 17,9}{9,81 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,125}} = 0,342 \text{ с},$$

де C_F – коефіцієнт нерівномірності стиснення ґрунта, визначається по даним інженерної геології.

Так як $I = \text{const}$ $\Delta = \frac{1}{3}$, $\lambda = 0$, $\mu = 0$.

$$\gamma = \frac{2}{H^3} \left(H^3 \cdot \frac{1}{3} \right) = \frac{2}{17,9^3} \left(17,9^3 \cdot \frac{1}{3} \right) = 0,667.$$

Коефіцієнт β_i для кожної ділянки визначається за залежністю:

$$\beta_1 = \left(\frac{x_l}{H}\right)^{(1,9-0,375\frac{x_l}{H})} = \left(\frac{16,33}{17,9}\right)^{(1,9-0,375\frac{16,33}{17,9})} = 0,852,$$

$$\beta_2=0,561; \beta_3=0,307; \beta_4=0,117; \beta_5=0,014.$$

Відносні переміщення центрів ваги ділянок:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \gamma \frac{H}{2EI} \beta_1 + \frac{x_l}{H C_F I_F} = \\ &= 0,667 \frac{17,9}{2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,125} \cdot 0,852 + \frac{16,33}{17,90,8 \cdot 10^8 \cdot 6,083} = 2,162 \cdot 10^{-9}, \\ \alpha_2 &= 1,645 \cdot 10^{-9}; \alpha_3 = 1,141 \cdot 10^{-9}; \alpha_4 = 6,6 \cdot 10^{-10}; \\ \alpha_5 &= 2,104 \cdot 10^{-10}.\end{aligned}$$

Коефіцієнт, який враховує зміну швидкісного напору вітру по висоті апарата:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \left(\frac{x_l}{10}\right)^{0,32} = \left(\frac{16,33}{10}\right)^{0,32} = 1,352 \\ \theta_2 &= 1,247; \theta_3 = 1,12; \theta_4 = 0,951; \theta_5 = 0,668.\end{aligned}$$

$$\text{Швидкісний напор вітру } q_0 = 450 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Нормативне значення статичної складової вітрового навантаження на середину i -ї ділянки :

$$q_{i\text{ст}1} = q_0 \cdot \theta_1 \cdot k = 450 \cdot 1,352 \cdot 0,7 = 425,759 \text{ Н/м}^2,$$

де $k=0,7$ – аеродинамічний коефіцієнт.

$$q_{i\text{ст}2} = 392,846; q_{i\text{ст}3} = 352,723; q_{i\text{ст}4} = 299,486; q_{i\text{ст}5} = 210,558.$$

Статична складова навантаження на i - й ділянці:

$$P_{1\text{ст}} = q_{i\text{ст}1} \cdot D_3 \cdot h = 425,759 \cdot 1 \cdot 3,42 = 1044 \text{ Н},$$

де D_3 – зовнішній діаметр колони,

h - висота ділянки.

$$P_{2\text{ст}} = 2594; P_{3\text{ст}} = 1926; P_{4\text{ст}} = 2936; P_{5\text{ст}} = 2580.$$

Коефіцієнт пульсації швидкісного напору для середини ділянки:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

$$m_1=0,6 \cdot \left(\frac{x_1}{10}\right)^{-0,16}=0,6 \cdot \left(\frac{16,33}{10}\right)^{-0,16}=0,516,$$

$$m_2=0,537; m_3=0,567; m_4=0,615; m_5=0,734.$$

Приведене відносне прискорення центра ваги i -ї ділянки:

$$\eta_1=\alpha_1 \cdot \frac{\sum \alpha_1 \cdot m_1 \cdot P_{1st}}{\sum \alpha_1^2 \cdot G_1} =$$

$$=2,162 \cdot 10^{-9} \frac{\sum 2,162 \cdot 10^{-9} \cdot 0,516 \cdot 1044}{\sum (2,162 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 68506} =0,066,$$

$$\eta_2=0,064; \eta_3=0,06; \eta_4=0,056; \eta_5=0,047.$$

Безрозмірний параметр

$$\varepsilon=\frac{T \cdot \sqrt{q_0}}{840}=\frac{1,002 \cdot \sqrt{450}}{840}=0,025.$$

Коефіцієнт, який встановлює кореляцію пульсації швидкості вітру $v = 0,7$.

Коефіцієнт динамічності:

$$\xi=1,29+15,47 \cdot \varepsilon=1,29+15,47 \cdot 0,025=1,682.$$

Динамічна складова вітрового навантаження:

$$P_{1dyn}=v \xi \eta_1 G_1=0,7 \cdot 1,682 \cdot 0,066 \cdot 68506=6339 \text{ Н},$$

$$P_{2dyn}=17310; P_{3dyn}=12180; P_{4dyn}=21270; P_{5dyn}=22290.$$

Вітрове навантаження на i -ї ділянці:

$$P_1=P_{1st} + P_{1dyn}=1044+6339=16670 \text{ Н},$$

$$P_2=31440; P_3=43250; P_4=50630; P_5=48090.$$

Вигинаючий момент:

$$M_v=\sum_{i=1}^n P_i \cdot (x_i-x_0) = 3503 \cdot (16,33-1,2)+$$

$$+ 3693 \cdot (12,72-1,2)+3156 \cdot (8,95-1,2)+2296 \cdot (5,37-1,2)+$$

$$+1225 \cdot (1,79-1,2)=214800 \text{ Н}$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ док.	Піппис	Лат		

Вигинаючий момент від дії вітрового навантаження складає $M_v=214800$ Н. Аналіз здатності корпусу знефенолюючого скрубера витримати дане навантаження проводимо шляхом перевірки міцності корпусу.

4.2 Параметричний розрахунок спірального теплообмінника

Мета: визначити основні геометричні розміри спірального теплообмінника.

Вихідні дані:

Витрати води G_2 , кг/с	1,46;
початкова температура димових газів T_1 , К	800;
кінцева температура димових газів T_2 , К	380;
початкова температура води T_3 , К	293 ;
кінцева температура води T_4 , К	368;
розрахунковий тиск в каналах p , МПа	0,6.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [18].

Розрахункова схема теплообмінника представлена на рисунку 4.5.

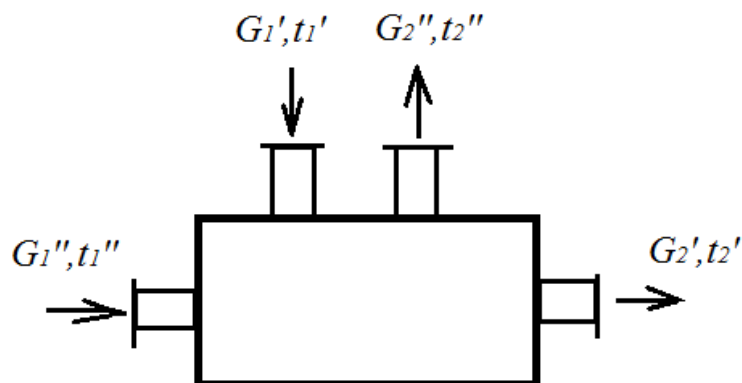


Рисунок 4.5 - Розрахункова схема

Виходячи з практичних даних, приймаємо: товщину листа спіралей $\delta=4$ мм; висоту спіралі $h=600$ мм; ширину каналів для води $b_2=20$ мм; для димових газів $b_1=20$ мм.

Теплове навантаження складає :

$$Q_1 = G_2 c_2 (T_1 - T_2) = 0,5 \cdot 1917 (368 - 293) = 457163 \text{ Вт}$$

де c_2 – питома теплоємність при середній температурі води,
 $c_2 = 4,175$ кДж/(кг·К).

Витрати димових газів:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 (T_{1п} - T_{1к})} = \frac{457163}{1,12 \cdot 10^3 \cdot (800 - 380)} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Витрати димових газів :

$$G_1 = \frac{Q_1}{c_1 (T_4 - T_3)} = \frac{457163}{1,12 \cdot 10^3 \cdot (800 - 380)} = 0,97 \text{ кг/с}$$

де c_1 – питома теплоємність при середній температурі димових газів,
 $c_1 = 1,12$ кДж/(кг·К).

Середня різниця температур :

$$\Delta T_{\theta} = T_1 - T_4 = 800 - 368 = 432 \text{ К};$$

$$\Delta T_{\text{м}} = T_4 - T_2 = 380 - 293 = 87 \text{ К};$$

$$\Delta T_{\text{ср}} = \frac{\Delta T_{\text{Б}} - \Delta T_{\text{М}}}{\ln \left(\frac{\Delta T_{\text{Б}}}{\Delta T_{\text{М}}} \right)} = \frac{432 - 87}{\ln \left(\frac{432}{87} \right)} = 215 \text{ К},$$

Еквівалентний діаметр спірального теплообмінника :

$$d_e = \frac{4F}{\Pi} = \frac{4 \cdot b_1 \cdot h}{2 \cdot (b_1 + h)} = \frac{4 \cdot 0,02 \cdot 0,6}{2 \cdot (0,02 + 0,6)} = 0,039 \text{ м};$$

Приймаємо швидкість димових газів $w_1 = 30 \text{ м/с}$ знаходимо площу перерізу каналу теплообмінника

$$f_1 = \frac{G_1}{w_1 \cdot \rho_1} = \frac{0,97}{30 \cdot 0,6} = 0,0538 \text{ м}^2$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Звідси ефективна висота теплообмінника (ефективна ширина стрічки):

$$h = \frac{f_1}{0,039} = 1,37 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину стрічки $h = 1,5 \text{ м}$, тоді площа поперечного перерізу каналу $f = 0,0585 \text{ м}^2$. Дійсна швидкість руху розчину димових газів та води по каналах теплообмінника:

$$w_1 = \frac{G_1}{\rho_1 f} = \frac{0,97}{0,6 \cdot 0,0585} = 27,6 \text{ м/с}$$

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 f} = \frac{1,46}{985 \cdot 0,0585} = 0,025 \text{ м/с}$$

Визначаємо критерій Re для димових газів :

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{27,6 \cdot 0,039}{45 \cdot 10^{-6}} = 23920.$$

Визначаємо критерій Нусельта:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \varepsilon_c = 0,66 \cdot 23920^{0,5} = 102$$

Звідки

$$\alpha = \frac{Nu \lambda_1}{d_e} = \frac{102 \cdot 0,048}{0,039} = 125 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Визначаємо значення Re для води:

$$Re = \frac{w_2 d_e}{\nu_2} = \frac{0,025 \cdot 0,039 \cdot 10^6}{0,49} = 1990.$$

Звідси визначимо критерій Nu :

При $Re \geq 1000$:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,66 \cdot \varepsilon \cdot Re_2^{0,5} \cdot Pr_2^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2\text{ст}}} \right)^{0,25} \\ &= 0,66 \cdot 0,6 \cdot 1990^{0,5} \cdot 4,24^{0,36} \cdot \left(\frac{4,24}{4,5} \right)^{0,25} = 11,17 \end{aligned}$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ док.	Піппис	Лат		

де ε – коефіцієнт, який враховує обтікання труб, $\varepsilon = 0,6$; Pr_2 – критерій Прандтля, $Pr_2 = 4,24$;

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки:

$$\alpha = \frac{Nu\lambda_2}{d_e} = \frac{11,17 \cdot 0,659}{0,039} = 188,7 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)},$$

Задаючись товщиною стінки спірального теплообмінника і матеріалом стінки зі сталі Ст.3сп5 з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{ст} = 17 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, знаходимо значення коефіцієнта теплопередачі :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{125} + \frac{0,004}{17} + \frac{1}{188,7}} = 53,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Знаходимо поверхню теплообміну спірального теплообмінника:

$$F = \frac{Q}{K\Delta T} = \frac{451763}{53,8 \cdot 215} = 39 \text{ м}^2.$$

Висновок: приймаємо спіральний теплообмінник з такими розмірами:

поверхня теплообміну, м ²	39;
діаметр, м	1,072;
довжина каналу, м	22,7;
кількість витків спіралі II, шт.	18;
висота спіралі, м	0,03.

4.2.1. Розрахунок гідравлічного опору

Мета: визначення повного гідравлічного опору.

Вихідні дані:

критерій Рейнольдса:

для димових газів, Re 23920;

для води, Re 1990;

критерій Прандтля, Pr :

для димових газів, 0,67;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

для води

4,24;

еквівалентний діаметр $d_{\text{екв}}$, м

0,039;

Розрахунок здійснюємо за методикою викладеною в [19].

Розріз вхідного та вихідного штуцерів і каналів спіральних теплообмінників взаємно виміряні, але при виході рідини із штуцера в колектор і із колектора в канал і, навпаки, із каналу в колектор і штуцер мають міст різкі зміни напрямку руху і поля швидкостей, що викликає витрати напору, які враховуються коефіцієнтом місцевого опору, який дорівнює 0,5 ($\xi_{\text{м}}=0,5$). Визначаємо коефіцієнти опору тертя для реальних каналів.

Для димових газів:

$$\lambda'_{\text{із}} = 0,1 \cdot \left(\frac{1,46K'}{d_{\text{екв}}} + \frac{100}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,1 \cdot \left(\frac{1,46 \cdot 0,2}{39} + \frac{100}{23920} \right)^{0,25} = 0,032 ;$$

для води:

$$\lambda'_{\text{із}} = 0,1 \cdot \left(\frac{1,46K'}{d_{\text{екв}}} + \frac{100}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,1 \cdot \left(\frac{1,46 \cdot 0,2}{39} + \frac{100}{1990} \right)^{0,25} = 0,049$$

де K' - абсолютна шорсткість поверхні теплообміну (катаного листа), яка дорівнює 0,06–0,20 мм.

При неізотермічному русі рідини коефіцієнт опору при турбулентному режимі руху рекомендується вплив зміни в'язкості в пограничному шарі враховувати по рівнянню:

для димових газів

$$\lambda'_{\text{неіз}} = \lambda'_{\text{із}} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_k}{\text{Pr}_\theta} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,032 \cdot \left(\frac{0,67}{4,24} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,00168 ,$$

для води

$$\lambda'_{\text{неіз}} = \lambda'_{\text{із}} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_k}{\text{Pr}_\theta} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,049 \cdot \left(\frac{0,021}{0,007} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,0025$$

Коефіцієнт опору тертя для всього каналу буде рівний:

для димових газів

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

$$\xi_T = \lambda'_{\text{неіз}} \frac{l}{d_{\text{екв}}} = 0,00168 \cdot \frac{11}{0,039} = 0,475,$$

для води

$$\xi_T = \lambda'_{\text{неіз}} \frac{l}{d_{\text{екв}}} = 0,0025 \cdot \frac{11}{0,039} = 0,705$$

Повний гідравлічний опір дорівнює

для димових газів

$$\Delta p = \Delta p_M + \Delta p_T = (\xi_M + \xi_T) \cdot \rho \cdot \frac{W^2}{2} = (0,5 + 0,475) \cdot 0,6 \frac{27,54^2}{2} = 222 \text{ Па},$$

для води

$$\Delta p = \Delta p_M + \Delta p_T = (\xi_M + \xi_T) \cdot \rho \cdot \frac{W^2}{2} = (0,5 + 0,705) \cdot 985 \frac{1^2}{2} = 1335 \text{ Па}$$

Висновок : Виконавши відповідний гідравлічний розрахунок було визначено повний гідравлічний опір спірального теплообмінника.

4.3 Параметричний розрахунок одноходового теплообмінника

Метою розрахунку є визначення необхідної поверхні теплообміну та конструктивних розмірів апарату.

Розрахункова схема теплообмінника зображена на рисунку 4.6.

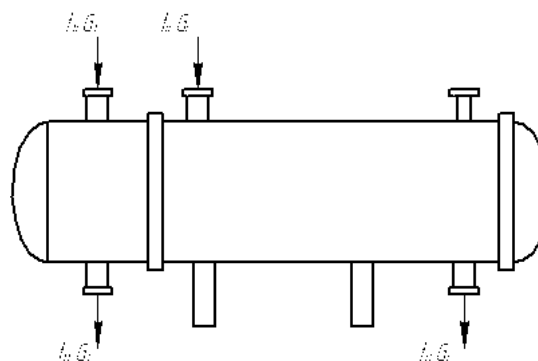


Рисунок 4.6 – Схема теплообмінника

Вихідні дані:

витрати води G_2 , кг/с 1,46;

початкова температура димових газів $T_{1п}$, К 800;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

кінцева температура димових газів $T_{1к}, K$	380;
початкова температура води $T_{2п}, K$	293;
кінцева температура води $T_{2к}, K$	368.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

Більша різниця температур на кінцях теплообмінника:

$$\Delta T_B = T_{1п} - T_{2к} = 800 - 368 = 432 \text{ K.}$$

Менша різниця температур на кінцях теплообмінника:

$$\Delta T_M = T_{1к} - T_{2п} = 380 - 293 = 87 \text{ K.}$$

Середня різниця температур, визначається за рівнянням:

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_B - \Delta T_M}{\ln\left(\frac{\Delta T_B}{\Delta T_M}\right)} = \frac{432 - 87}{\ln\left(\frac{432}{87}\right)} = 215 \text{ K,}$$

Середня температура димових газів визначається так:

$$T_{c1} = \frac{T_{1к} + T_{1п}}{2} = \frac{800 + 380}{2} = 590 \text{ K.}$$

За якою знаходять теплофізичні властивості димових газів. За цією температурою визначаються теплофізичні властивості теплоносія: μ_1 – динамічна в'язкість димових газів, $\mu_1 = 28,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$; c_1 – питома теплоємність при середній температурі димових газів, $c_1 = 1,12 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; ρ_1 – густина димових газів при середній температурі, $\rho_1 = 0,6 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Середня температура води дорівнює:

$$T_{c2} = \frac{T_{2к} + T_{2п}}{2} = \frac{368 + 293}{2} = 330,5 \text{ K.}$$

Теплове навантаження Q (кількість теплоти, яку віддає димові гази при охолодженні) визначається з рівнянь теплового балансу нагрівача:

$$Q = G_2 c_2 (T_{2п} - T_{2к}) = 1,46 \cdot 4,175 \cdot 10^3 \cdot (368 - 293) = 457163 \text{ Вт,}$$

де c_2 – питома теплоємність при середній температурі води,

$c_2 = 4,175 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		65

Витрати димових газів:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1(T_{\text{гп}} - T_{\text{гк}})} = \frac{457163}{1,12 \cdot 10^3 \cdot (800 - 380)} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де c_1 – питома теплоємність при середній температурі димових газів,
 $c_1 = 1,12 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Об'ємні витрати води:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{1,46}{985} = 0,00148 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Режим течії рідини в трубах може бути ламінарним, перехідним та турбулентним. Ламінарна течія характеризується низькою інтенсивністю тепловіддачі, для перехідного режиму відсутні надійні розрахункові залежності, оскільки течія рідини в цьому випадку є нестабільною. Тому для стійкої роботи нагрівача повинен працювати при турбулентному русі рідини ($Re > 10000$).

Попередньо приймаємо критерій Рейнольдса, $Re' = 10000$.

Швидкість димових газів в трубному просторі визначається за формулою:

$$W'_1 = Re' \cdot \frac{\mu_1}{d_{\text{в}} \cdot \rho_1} = 10000 \cdot \frac{0,283 \cdot 10^{-3}}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 22,4 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де μ_1 – динамічна в'язкість димових газів, $\mu_1 = 28,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

$d_{\text{в}}$ – внутрішній діаметр теплообмінних труб, $d_{\text{в}} = 0,021 \text{ м}$;

ρ_1 – густина димових газів при середній температурі, $\rho_1 = 0,6 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Розрахункова кількість труб з діаметром 25*2 мм, що будуть забезпечувати об'ємну витрату димових газів при $Re' = 10000$:

$$n_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot 0,785 \cdot d_{\text{в}}^2 \cdot W'_1} = \frac{0,97}{0,6 \cdot 0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 22,4} = 209.$$

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний одноходовий теплообмінник діаметром 600 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 257$, довжина труб $L = 3 \text{ м}$, прохідний переріз трубного простору $S_T = 8,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, прохідний переріз міжтрубного простору $S_{MT} = 5,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ [14].

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

Уточнюємо значення швидкості димових газів в трубному просторі:

$$W_1 = W'_1 \cdot \frac{n}{n_1} = 22,4 \cdot \frac{257}{209} = 27,54 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Уточнюємо значення критерія Рейнольда:

$$Re_1 = 10000 \cdot \frac{n}{n_1} = 10000 \cdot \frac{257}{209} = 12297.$$

Швидкість потоку води з фенолами:

$$\omega_2 = \frac{V_2}{S_{MT}} = \frac{0,00148}{5,3 \cdot 10^{-2}} = 0,03 \text{ м/с}.$$

Критерій Рейнольдса для води:

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{3H} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,03 \cdot 0,025 \cdot 985}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 1477,5,$$

де d_{3H} – зовнішній діаметр трубок, приймаємо $d_{3H} = 0,025$ м

μ_2 - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі води t_2 ,

$$\mu_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} [14].$$

Для теплового розрахунку приймаємо: температуру стінки зі сторони димових газів $t_{ct1} = 380$ К, температуру стінки зі сторони води $t_{ct2} = 325$ К.

Критерій Прандтля для димових газів біля стінки:

$$Pr_{ct1} = \frac{c_{ct1} \cdot \mu_{ct1}}{\lambda_{ct1}} = \frac{1,12 \cdot 0,283 \cdot 10^{-3}}{4,8 \cdot 10^{-2}} = 0,66,$$

де c_{ct1} - теплоємність димових газів при температурі t_{ct1} , $c_{ct1} = 1,12$ кДж/кг·К; [14]

μ_{ct1} - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі димових газів при стінці t_{ct1} , $\mu_{ct1} = 0,283 \cdot 10^{-6}$ Па·с; [14]

λ_{ct1} - коефіцієнт теплопровідності при температурі димових газів при стінці t_{ct1} , $\lambda_{ct1} = 4,8 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [14]

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Критерій Прандтля води біля стінки:

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4175 \cdot 0,51 \cdot 10^{-3}}{65,9 \cdot 10^{-2}} = 3,23,$$

де $c_{ст2}$ - теплоємність води при температурі $t_{ст2}$, $c_{ст2} = 4175$ Дж/кг·К [14]

$\mu_{ст2}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі води при стінці $t_{ст2}$,
 $\mu_{ст2} = 0,51 \cdot 10^{-3}$ Па·с [14]

$\lambda_{ст2}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі води при стінці $t_{ст2}$,
 $\lambda_{ст2} = 65,9 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [14]

Критерій Нусельта для димових газів при $Re > 10000$:

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} = \\ = 0,021 \cdot 12297^{0,8} \cdot 0,67^{0,43} = 39,2.$$

де ξ_φ – коефіцієнт, який враховує кут атаки, $\xi_\varphi = 0,6$, $Pr_1 = 0,67$ – критерій
Прандтля для димових газів при температурі t_1 . [14]

Коефіцієнт тепловіддачі для димових газів:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{вн}} = \frac{39,2 \cdot 48 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 896 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де λ_1 - коефіцієнт теплопровідності при температурі димових газів t_1 ,
 $\lambda_1 = 48 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [14]

Так як $Re_2 > 1000$, то формула для знаходження критерія Нусельта для води
з фенолами виглядає наступним чином:

$$Nu_2 = 0,4 \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot (Pr_2 / Pr_{ст})^{0,25} \cdot \xi_\varphi = \\ = 0,4 \cdot 1477,5^{0,6} \cdot 4,24^{0,36} \cdot (4,24 / 4,5)^{0,25} \cdot 0,6 = 32.$$

де Pr_2 - критерій Прандтля при температурі води t_2 , $Pr_2 = 3,9$.

Коефіцієнт тепловіддачі для води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{зн}} = \frac{32 \cdot 65,9 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 843 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності при температурі води t_2 , $\lambda_2 = 65,9 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [14]

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\frac{1}{\sum r_{cm}} = \frac{1}{r_1 + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_2} = \frac{1}{\frac{1}{3000} + \frac{0,004}{20} + \frac{1}{2900}} = 1139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де $\frac{1}{r_1}$ - теплопровідність забруднень зі сторони димових газів,

$\frac{1}{r_2}$ - теплопровідність забруднень зі сторони води,

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ct} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{896} + \frac{1}{1139} + \frac{1}{843}} = 84,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} = 84,2 \cdot 215 = 3985,7 \text{ Вт/м}^2.$$

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{457163}{3985,7} = 114,7 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n_1 = \frac{G_1 \cdot z}{\rho_1 \cdot 0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot W_1'} = \frac{0,97 \cdot 1}{0,6 \cdot 0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 27,54} = 257.$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}} = 0,021$ м,

z – число ходів, $z=1$,

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n} = \frac{114,7}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 257} = 6,1 \text{ м},$$

де d_{cp} – середній діаметр труб, $d_{cp} = 0,023$ м.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

За ГОСТ 15120-79 обираємо два кожухотрубних одноходових теплообмінника діаметром 600 мм і з трубами 25х2 мм, кількість труб $n = 257$, довжина труб $L = 3$ м [14].

Перевірка значень t_{ct1} і t_{ct2} :

$$t_{ct1}' = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 590 - \frac{3985,7}{896} = 381,7 \text{ К},$$

$$t_{ct2}' = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 330,5 + \frac{3985,7}{843} = 326 \text{ К}.$$

$t_{ct1}' = t_{ct1}$, $t_{ct2}' = t_{ct2}$, тому введення поправок в розрахунки не потребується.

Розрахункова площа поверхні теплопередачі:

$$F_p' = \frac{Q}{q} = \frac{457163}{3985,7} = 114,7 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі із запасом в 10%:

$$F_p = 1,1 \cdot F_p' = 1,1 \cdot 114,7 = 126,17 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n_1 = \frac{G_1 \cdot z}{\rho_1 \cdot 0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot W_1'} = \frac{0,97 \cdot 1}{0,6 \cdot 0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 27,54} = 257.$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}} = 0,021$ м,

z – число ходів, $z=1$,

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n} = \frac{114,7}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 257} = 6,1 \text{ м},$$

де d_{cp} – середній діаметр труб, $d_{cp} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо два кожухотрубних одноходових теплообмінника діаметром 600 мм і з трубами 25х2 мм, кількість труб $n = 257$, довжина труб $L = 3$ м, площа поверхні теплопередачі одного апарата $F = 61 \text{ м}^2$ [14].

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Число апаратів:

$$N = \frac{F_p}{F} = \frac{114,7}{61} = 1,88.$$

Приймаємо $N = 2$.

Знаходимо запас площі поверхні теплообміну:

$$\Delta = \frac{F \cdot N - F_p}{F_p} \cdot 100\% = \frac{61 \cdot 2 - 114,7}{114,7} \cdot 100\% = 6,4\%.$$

Висновок: в результаті розрахунків була визначена необхідна площа теплообміну $F_p = 114,7 \text{ м}^2$, за якою остаточно приймаємо нормалізований теплообмінник з діаметром апарату 600 мм, $n=257$, зовнішній діаметр труб 25мм, довжина труб 3 м.

4.3.1 Гідравлічний розрахунок

Метою розрахунку є: визначення сумарних гідравлічних втрат напору в трубному та міжтрубному просторах.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.7.

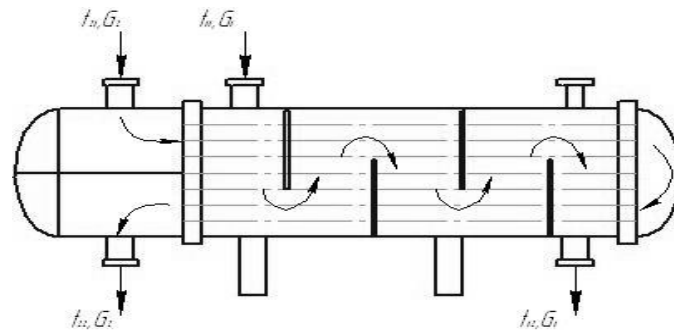


Рисунок 4.7 – Схема гідравлічного розрахунку.

Вихідні дані:

швидкість димових газів, м/с, ω_1	27,54;
критерій Рейнольдса для димових газів, Re_1	12297;
швидкість води, м/с, ω_2	0,03;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		71

критерій Рейнольдса для води, Re_2	1477,5;
розміри трубок, мм, $d \times S_T$	25 x 2;
тиск у трубному просторі, МПа, p_T	0,2;
тиск у міжтрубному просторі, МПа, p_M	0,15;
масова продуктивність води, кг/с, G_2	1,46;

Скористаємося методикою розрахунку запропонованою [14].

Сума коефіцієнтів місцевого опору на всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 4 \cdot \xi_{\text{тр}} + \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1 + 2,5 = 9,5,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$; [14]

$\xi_{\text{тр}}$ - коефіцієнт опору на вході в труби та виході з них, $\xi_{\text{тр}} = 1$; [14]

ξ_{180° - коефіцієнт опору при повороті на 180° із однієї секції в іншу, $\xi_{180^\circ} = 2,5$ [14].

Коефіцієнт тертя для турбулентного режиму руху середовища:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re_1^{0,25}} = \frac{0,316}{12297^{0,25}} = 0,03.$$

Сумарні гідравлічні втрати напору для трубного простору визначимо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_1^2 \cdot \rho_1}{2} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{екв}}} + \sum \xi \right) + (p_T - p_M) = \\ &= \frac{27,54^2 \cdot 0,6}{2} \cdot \left(1 + 0,03 \cdot \frac{4}{0,021} + 9,5 \right) + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 53689 \text{ Па} \end{aligned}$$

Визначимо сумарні гідравлічні втрати для міжтрубного простору:

Сумарний коефіцієнт гідравлічних опорів для між трубного простору:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 12 \cdot \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 12 \cdot 1,5 = 21,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$;

ξ_{180° - коефіцієнт опору при повороті на 180° через перегородку в між трубному просторі, $\xi_{180^\circ} = 1,5$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Сумарні гідравлічні втрати напору для міжтрубного простору:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho_2}{2} \cdot (1 + \sum \xi) + b \cdot (2 + 3,3 \cdot m) \cdot \text{Re}_2^{-0,28} + (p_{\text{т}} - p_{\text{м}}) =$$

$$= \frac{0,03^2 \cdot 985}{2} \cdot (1 + 21) + 1 \cdot (2 + 3,3 \cdot 11) \cdot 1477,5^{-0,28} + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 50015 \text{ Па},$$

де b – поправочний коефіцієнт, який залежить від кута атаки, приймаємо $b = 1$;

m – число рядів труб в пучці в напрямку руху потоку, $m = 11$.

Висновок: в результаті розрахунку було визначено сумарні гідравлічні втрати напору в трубному просторі $\Delta p = 53689$ Па та міжтрубному просторі $\Delta p = 50015$ Па.

4.4 Параметричний розрахунок нагрівача

Мета: Визначити основні геометричні розміри нагрівача.

Розрахункова схема нагрівача представлена на рисунку 4.8

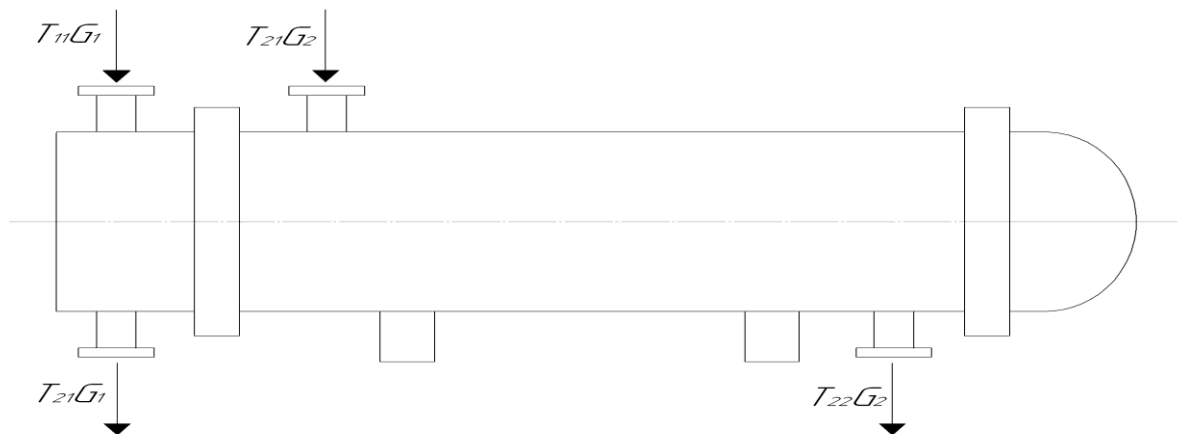


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема нагрівача

Вихідні дані:

витрати води G_2 , кг/с	1,46;
початкова температура димових газів $T_{1п}$, К	800;
кінцева температура димових газів $T_{1к}$, К	380;
початкова температура технічної води $T_{2п}$, К	293;

кінцева температура технічної води $T_{2к}$, К

368.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

Більша різниця температур на кінцях теплообмінника:

$$\Delta T_B = T_{1п} - T_{2к} = 800 - 368 = 432 \text{ К.}$$

Менша різниця температур на кінцях теплообмінника:

$$\Delta T_M = T_{1к} - T_{2п} = 380 - 293 = 87 \text{ К.}$$

Середня різниця температур, визначається за рівнянням:

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_B - \Delta T_M}{\ln\left(\frac{\Delta T_B}{\Delta T_M}\right)} = \frac{432 - 87}{\ln\left(\frac{432}{87}\right)} = 215 \text{ К,}$$

Середня температура димових газів визначається так:

$$T_{c1} = \frac{T_{1к} + T_{1п}}{2} = \frac{800 + 380}{2} = 590 \text{ К.}$$

За якою знаходять теплофізичні властивості димових газів. За цією температурою визначаються теплофізичні властивості теплоносія: μ_1 – динамічна в'язкість димових газів, $\mu_1 = 28,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$; c_1 – питома теплоємність при середній температурі димових газів, $c_1 = 1,12 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; ρ_1 – густина димових газів при середній температурі, $\rho_1 = 0,6 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Середня температура води дорівнює:

$$T_{c2} = \frac{T_{2к} + T_{2п}}{2} = \frac{368 + 293}{2} = 330,5 \text{ К.}$$

Теплове навантаження Q (кількість теплоти, яку віддає димові гази при охолодженні) визначається з рівнянь теплового балансу нагрівача:

$$Q = G_2 c_2 (T_{2п} - T_{2к}) = 1,46 \cdot 4,175 \cdot 10^3 \cdot (368 - 293) = 457163 \text{ Вт,}$$

де c_2 – питома теплоємність при середній температурі води, $c_2 = 4,175 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Витрати димових газів:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 (T_{1п} - T_{1к})} = \frac{457163}{1,12 \cdot 10^3 \cdot (800 - 380)} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де c_1 – питома теплоємність при середній температурі димових газів,

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$c_l = 1,12 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Режим течії рідини в трубах може бути ламінарним, перехідним та турбулентним. Ламінарна течія характеризується низькою інтенсивністю тепловіддачі, для перехідного режиму відсутні надійні розрахункові залежності, оскільки течія рідини в цьому випадку є нестабільною. Тому для стійкої роботи нагрівача повинен працювати при турбулентному русі рідини ($Re > 10000$).

Попередньо приймаємо критерій Рейнольдса, $Re' = 10000$.

Швидкість димових газів в трубному просторі визначається за формулою:

$$W'_1 = Re' \cdot \frac{\mu_1}{d_b \cdot \rho_1} = 10000 \cdot \frac{0,283 \cdot 10^{-3}}{21 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 22,4 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де μ_1 – динамічна в'язкість димових газів, $\mu_1 = 28,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

d_b – внутрішній діаметр теплообмінних труб, $d_b = 0,021 \text{ м}$;

ρ_1 – густина димових газів при середній температурі, $\rho_1 = 0,6 \text{ кг/м}^3$.

Розрахункова кількість труб з діаметром $25 \times 2 \text{ мм}$, що будуть забезпечувати об'ємну витрату димових газів при $Re' = 10000$:

$$n_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot 0,785 \cdot d_b^2 \cdot W'_1} = \frac{0,97}{0,6 \cdot 0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 22,4} = 209.$$

Вибираємо за [14] теплообмінник з наступними параметрами:

внутрішній діаметр кожуха, м, $D_{\text{вн}}$ 0,8;

кількість труб на один хід, n 221;

кількість ходів, z 2;

зовнішній діаметр теплообмінних труб, м, d_3 0,025;

внутрішній діаметр теплообмінних труб, м, d_b 0,021.

Уточнюємо значення швидкості димових газів в трубному просторі:

$$W_1 = W'_1 \cdot \frac{n}{n_1} = 22,4 \cdot \frac{221}{209} = 23,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ док.	Піппис	Лат		

Уточнюємо значення критерія Рейнольда:

$$Re_1 = 10000 \cdot \frac{n}{n_1} = 10000 \cdot \frac{221}{209} = 10574.$$

$$\text{Приймаємо поправку Міхєєва} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{1\text{ст}}} \right)^{0.25} = 1.$$

При тепловіддачі при розвиненому турбулентному русі в прямих каналах та трубах застосовується розрахункова формула для знаходження критерія Нуссельта:

$$Nu_1 = 0,021 Re_1^{0.8} Pr_1^{0.43} \left(\frac{Pr_1}{Pr_{1\text{ст}}} \right)^{0.25} \cdot \varepsilon_1 = 0,021 \cdot 10574^{0.8} \cdot 0,67^{0.43} \cdot 1 \cdot 1 = 29,3$$

де Pr_1 – критерій Прандтля, $Pr_1 = 0,67$; [14]

ε_l – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив на α відношення довжини труби l до її діаметра d , $\varepsilon_l = 1$ [14].

Тоді коефіцієнт тепловіддачі в трубному просторі визначиться:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_b} = \frac{29,3 \cdot 0,048}{0,021} = 67 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

де λ_1 – коефіцієнт теплопровідності димових газів при середній температурі,

$$\lambda_1 = 0,048 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

Розмір стрілки сегмента:

$$b = \frac{D_{\text{вн}}}{2} - h_1 = \frac{1000}{2} - 68 = 0,432 \text{ м},$$

де h_1 - відстань від діагоналі до хорди сегмента, $h_1 = 0,068$ м.

Відстань між перегородками:

$$l = \frac{b}{1,415 \cdot \psi} = \frac{432}{1,415 \cdot 0,86} = 355 \text{ мм} = 0,355 \text{ м},$$

де ψ – коефіцієнт, який залежить від зовнішнього діаметра d_s та кроку t труб:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

$$\psi = \frac{1 - \left(\frac{d_3}{t}\right)^2}{1 - 0,9 \left(\frac{d_3}{t}\right)^2} = \frac{1 - \left(\frac{0,025}{0,032}\right)^2}{1 - 0,9 \left(\frac{0,025}{0,032}\right)^2} = 0,86,$$

де t - крок між теплообмінними трубами, $t = 0,032$ м.

Швидкість руху води в міжтрубному просторі визначається за формулою:

$$W_2 = \frac{G_2}{\rho_2 S_{\text{мп}}} = \frac{1,46}{985 \cdot 0,07} = 0,0211 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де ρ_2 – густина води при середній температурі, $\rho_2 = 985 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ [14];

$S_{\text{мп}}$ – площа прохідного перерізу міжтрубного простору $S_{\text{мп}} = 0,07 \text{ м}^2$ [14].

Для стандартних теплообмінників в стандартах наведені площі прохідних перерізів, залежно від діаметру апарата.

Критерій Рейнольдса в цьому випадку знаходиться за формулою:

$$Re_2 = \frac{W_2 d_3 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,0211 \cdot 0,025 \cdot 985}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 1043,$$

де μ_2 – динамічна в'язкість води при середній температурі, $\mu_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ [14].

$$\text{Приймаємо поправку Міхеєва} \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2\text{ст}}}\right)^{0,25} = 0,95.$$

Для випадку змішаного обтікання пучка гладких труб розрахункова формула вибирається залежно від значення критерію Рейнольдса .

При $Re \geq 1000$:

$$Nu_2 = 0,4 \cdot \varepsilon \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2\text{ст}}}\right)^{0,25} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 1043^{0,6} \cdot 4,24^{0,36} \cdot (0,95)^{0,25} = 25,8$$

де ε – коефіцієнт, який враховує обтікання труб, $\varepsilon = 0,6$; Pr_2 – критерій Прандтля, $Pr_2 = 4,24$; [14]

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

Коефіцієнт тепловіддачі при течії води в міжтрубному просторі визначається:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda_2}{d_3} = \frac{25,8 \cdot 0,659}{0,025} = 680 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де λ_2 – коефіцієнт теплопровідності води при середній температурі, $\lambda_2 = 0,659 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ [14].

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\frac{1}{\sum r_{cm}} = \frac{1}{r_1 + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_2} = \frac{1}{\frac{1}{3000} + \frac{0,004}{20} + \frac{1}{2900}} = 1139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де δ_{cm} – товщина стінки теплообмінної труби, $\delta_{cm} = 0,004$ м,

λ_{cm} – теплопровідність матеріалу стінки труби, $\lambda_{cm} = 20 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\sum r_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{67} + \frac{1}{1139} + \frac{1}{680}} = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

$$q = K \Delta T_{cp} = 58 \cdot 215 = 12470 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Перевіряємо температуру стінок труби з боку води

$$\Delta T_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{12470}{680} = 18,33 \text{ К} = 18,33^\circ\text{C}$$

Температуру стінок труби з боку води визначаємо:

$$T_{ст2} = T_{c2} - \Delta T_2 = 330,5 - 18,33 = 312,17\text{К},$$

$$Pr_{2ст} = 4,5$$

Для випадку змішаного обтікання пучка гладких труб розрахункова формула вибирається залежно від значення критерію Рейнольдса .

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

При $Re \geq 1000$:

$$Nu_2 = 0,4 \cdot \varepsilon \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2ct}} \right)^{0,25} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 1043^{0,6} \cdot 4,24^{0,36} \cdot \left(\frac{4,24}{4,5} \right)^{0,25} \\ = 25,73$$

де ε – коефіцієнт, який враховує обтікання труб, $\varepsilon = 0,6$; Pr_2 – критерій Прандтля, $Pr_2 = 4,24$, [14], Pr_{2ct} – критерій Прандтля визначений при температурі стінки труби, $Pr_{2ct} = 4,5$ [14];

Отже, поправки в розрахунки α_2 , q , K не потрібні.

Необхідну поверхню теплообміну розраховують із основного рівняння теплопередачі:

$$F = \frac{Q}{K \Delta T_{cp}} = \frac{457163}{58 \cdot 215} = 36,6 \text{ м}^2.$$

Необхідна довжина труб визначається за формулою:

$$L = \frac{F}{\pi d_{\text{в}} n z} = \frac{36,6}{3,14 \cdot 0,021 \cdot 221 \cdot 2} = 1,25 \text{ м},$$

Приймаю довжину труб $L = 1,5$ м.

Поверхня теплообміну по середньому діаметру труб:

$$F_c = \pi \cdot d_{cp} \cdot n \cdot z \cdot L = 3,14 \cdot 0,023 \cdot 221 \cdot 2 \cdot 1,5 = 47,9 \text{ м}^2,$$

d_{cp} - діаметр теплообмінних труб по середньому діаметру, $d_{cp} = 0,023$ м.

Після чого потрібно знайти запас площі поверхні:

$$\Delta = \frac{F_c - F}{F} = \frac{47,9 - 36,6}{36,6} = 30,8 \%$$

Приймаємо двоходовий теплообмінник з такими розмірами:

поверхня теплообміну, м^2	36,6;
діаметр, м	0,8;
довжина труб, м	1,5;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-т.	Підпис	Лат		79

кількість труб	442;
зовнішній діаметр труб, м	0,025
внутрішній діаметр теплообмінних труб, м	0,021

Висновок: в результаті розрахунку було визначено коефіцієнт теплопередачі, витрати конденсату та поверхню теплообміну.

4.4.1 Гідравлічний розрахунок нагрівача

Метою гідравлічного розрахунку є визначення гідравлічного опору як в міжтрубному, так і в трубному просторі нагрівача, а також визначення затрат потужності на переміщення теплоносіїв. Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [20]. Розрахункова схема зображена на рисунку 4.9.

Вихідні дані для розрахунку:

Середня температура води T_{2c} , К	330,5;
Густина води при середній температурі ρ_2 , кг/м ³	985;
Швидкість води W_2 , м/с	0,0211;
Критерій Рейнольдса води Re_2	1043;
Середня температура димових газів T_{1c} , К	590;
Густина димових газів при середній температурі ρ_1 , кг/м ³	0,6;
Швидкість димових газів W_1 , м/с	0,453;
Критерій Рейнольдса димових газів Re_1	10574

В трубному просторі витрати тиску на подолання тертя та місцевих опорів, Па, визначаються за формулою [20].

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi \right) \frac{\rho W^2}{2},$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

де λ - коефіцієнт тертя, $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевого опору.

;

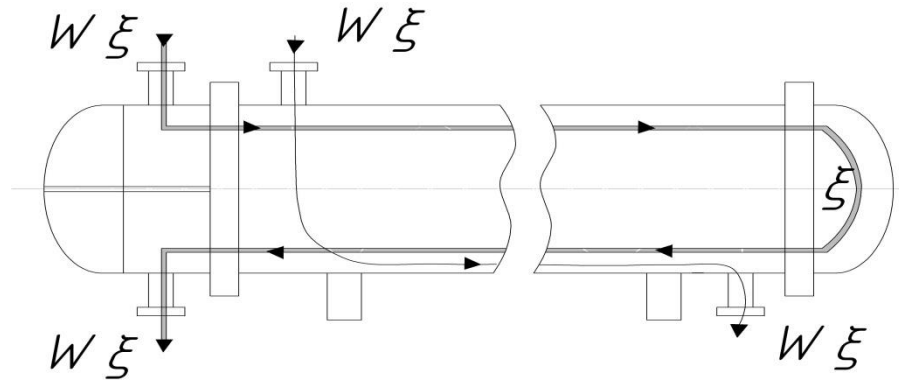


Рисунок 4.9 - Схема гідравлічних опорів нагрівача

Коефіцієнт λ визначається залежно від режиму, в турбулентних потоках виділяють три зони. Для вибору розрахункової формули необхідно знати відносну шорсткість труб. Для труб можна прийняти значення абсолютної шорсткості $\Delta=0,2$ мм [20]. Тоді значення відносної шорсткості знайдемо з залежності:

$$e = \frac{\Delta}{d_s} = \frac{0,02}{21} = 0,00095.$$

Тоді можна визначити, що в теплообміннику має місце зона змішаного тертя [20]:

$$\frac{10}{e} = \frac{10}{0,00095} = 10526 < Re_1 = 10574 < \frac{560}{e} = \frac{560}{0,00095} = 589473.$$

Тоді коефіцієнт тертя визначаємо за формулою [20]:

$$\lambda = 0,11 \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} = 0,11 \left(0,00095 + \frac{68}{10574} \right) = 0,000811.$$

Коефіцієнти місцевих опорів приймаємо згідно до рекомендацій, наведених в [20]:

Вхідна камера $\varepsilon_1 = 1,5$;

Вхід і вихід в трубу $\varepsilon_2 = 1$;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Поворот між ходами $\varepsilon_3 = 2,5$;

Втрати в вхідній камері необхідно розраховувати по швидкості в штуцерах:

$$W'_1 = \frac{4G_1}{\rho_1 \pi d_{ш}} = \frac{4 \cdot 0,97}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,273} = 7,53 \text{ м/с.}$$

Тоді втрати тиску в трубному просторі:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \lambda \frac{l_z}{d} \frac{W_1^2 \rho_1}{2} + [\xi(z-1) + 2\xi_2 z] \frac{\rho_1 W_1^2}{2} + 2\xi_1 \frac{\rho(W'_1)^2}{2} = \\ &= 0,041 \frac{4 \cdot 2}{0,021} \frac{7,53^2 \cdot 0,6}{2} + [2,5(2-1) + 2 \cdot 2] \frac{0,6 \cdot 7,53^2}{2} + 2 \cdot 1,5 \frac{0,6 \cdot 7,53^2}{2} = 427,2 \text{ Па.} \end{aligned}$$

Втрати тиску на подолання місцевих опорів в міжтрубному просторі, Па, визначається за формулою:

$$\Delta p = \sum \xi \frac{\rho_2 W^2}{2},$$

Коефіцієнти місцевих опорів приймаємо згідно до рекомендацій, наведених в [20]:

Вхід і вихід в міжтрубний простір $\xi_1 = 1,5$;

Поворот через сегментну перегородку $\xi_2 = 1,5$;

Опір пучка труб визначається за формулою [19]:

$$\xi_3 = \frac{3m}{Re^{0.8}}$$

де m – число рядів труб:

$$m \approx \sqrt{n/3} = \sqrt{442/3} = 7.$$

де n – кількість труб в теплообміннику, $n=442$

Опір на вході і виході в міжтрубний простір необхідно розраховувати по швидкості в штуцерах:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$$W'_2 = \frac{4G_2}{\rho_2 \pi d_u} = \frac{4 \cdot 1,46}{985 \cdot 3,14 \cdot 0,273} = 0,0069 \text{ м/с.}$$

Тоді гідравлічний опір міжтрубного просторі:

$$\Delta p_2 = \frac{3m(x+1)}{\text{Re}^{0,2}} \frac{\rho_2 W_2^2}{2} + \xi_2 x \frac{\rho_2 W_2^2}{2} + 2 \cdot \xi_1 \frac{\rho_2 (W'_2)^2}{2} =$$

$$= \frac{3 \cdot 7 \cdot (10+1)}{1043^{0,2}} \frac{985 \cdot 0,0069^2}{2} + 1,5 \cdot 10 \frac{985 \cdot 0,0069^2}{2} + 2 \cdot 1,5 \frac{985 \cdot 0,001035^2}{2} = 4421 \text{ Па.}$$

Висновок: визначені гідравлічний опір трубного (427 Па) та міжтрубного простору (4421 Па) нагрівача.

4.4.2 Розрахунок штуцерів нагрівача

Метою розрахунку є визначення основних параметрів і вибір стандартних штуцерів.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.10.

Вихідні дані:

Діаметр апарата, D , м	0,8;
тиск в середині апарата, P , МПа	1;
допустиме напруження матеріалу, $[\sigma]$, МПа	205;
масова витрата димових газів, G_1 , кг/с	0,97;
масова витрата води, G_2 , кг/с	1,46;

Розрахунок згідно методики [21].

Розрахунок передбачає вибір стандартних штуцерів за тиском і умовним діаметром, що далі визначається.

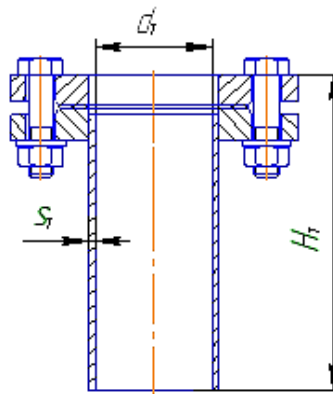


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема штуцера

Розраховуємо діаметр штуцера для димових газів:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\rho_1 \cdot \pi \cdot W_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,97}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 15}} = 0,370 \text{ м},$$

де W_1 – рекомендована швидкість для димових газів, $W_1 = 15 \text{ м/с}$;

ρ_1 – густина димових газів, $\rho_1 = 0,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

G_1 – масова витрата димових газів, $G_1 = 0,97 \text{ кг/с}$.

Обчислюємо діаметр штуцерів для виходу і входу води:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_2}{\rho_2 \cdot \pi \cdot W_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,46}{985 \cdot 3,14 \cdot 0,3}} = 0,079 \text{ м},$$

де W_2 – рекомендована швидкість для води, $W_2 = 0,3 \text{ м/с}$;

ρ_2 – густина води, $\rho_{\text{вот}} = 985 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

G_2 – масова витрата води, $G_2 = 1,46 \text{ кг/с}$.

Розміри нормалізованих штуцерів, [21].

Приймаємо стандартні штуцери для входу та виходу димових газів за АТК 24.218.06-90:

Номинальний діаметр, D_y , м	0,350;
діаметр отвору, d_t , м	0,377;

Приймаємо стандартні штуцери для входу та виходу димових газів за АТК 24.218.06-90:

Номинальний діаметр, D_y , м

0,08;

діаметр отвору, d_t , м

0,089;

Висновок: за заданими вхідними умовами було розраховано діаметри штуцерів та підібрано їх нормалізовані розміри.

4.4.3 Розрахунок товщини стінки корпусу нагрівача

Метою розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки корпусу апарата, яка задовольняє умовам міцності апарата, а також вибір стандартного листа для виготовлення обичайки.

Розрахункова схема циліндричної обичайки наведена на рисунку 4.11.

Вихідні дані для розрахунку:

розрахунковий тиск в середині апарата, МПа, P 1,2;

діаметр апарата, м, D 0,8;

допустиме напруження матеріалу, МПа, $[\sigma]$ 137;

довжина труб, м, L 1,5;

матеріал Сталь 3сп.

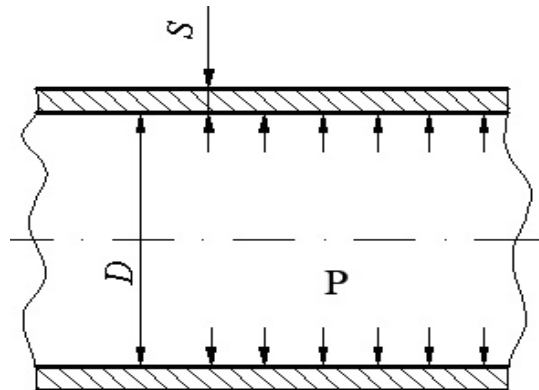


Рисунок 4.11 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [22].

Розрахунковий тиск у цьому випадку дорівнює:

$$P_R = P = 1,2 \text{ МПа.}$$

Розрахункову товщину стінки обичайки визначаємо за стандартною формулою (за ГОСТ 14249-89):

$$S_R = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} = \frac{1,2 \cdot 0,8}{2 \cdot 137 \cdot 0,9 - 1,2} = 0,00392 \text{ м},$$

де φ - коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi = 0,9$ [22].

Виконавча товщина стінки обичайки:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 3,91 + 2,4 + 0,1955 + 0 = 6,5055 \text{ мм} = 0,006507 \text{ м},$$

де C_1 – додаток на компенсацію корозії;

C_2 – додаток на компенсацію мінусового допуску до товщини листа;

C_3 – технологічний додаток, який визначається заводом і пов'язана зі зміною листа при формуванні деталі.

$$C_1 = \vartheta \tau = 0,2 \cdot 12 = 2,4 \text{ мм} = 0,0024 \text{ м},$$

де ϑ – швидкість корозії, $\vartheta = 0,2$ мм/рік [22];

τ – строк служби апарата, $\tau = 12$ років [22].

$$C_2 = 0,05 \cdot S_R = 0,05 \cdot 3,91 = 0,1955 \text{ мм} = 0,0001955 \text{ м}.$$

Додаток C_3 не враховуємо, бо їх сумарна величина не перевищує 10% від номінальної товщини листа.

Приймаємо стандартний лист товщиною 8 мм [22].

Допустимий тиск (за ГОСТ 14249-89):

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 137 \cdot 0,9 \cdot (8 - 2,5955)}{800 + 8 - 2,5955} = 1,655 \text{ МПа}.$$

Перевіряємо умову міцності:

$$P = 1,2 \text{ МПа} \leq [P] = 1,655 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску $P = 1,2$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[P] = 1,65$ МПа. Отже умова міцності виконується, визначена товщина стінки обичайки $s = 0,008$ м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

4.4.4 Розрахунок еліптичного днища нагрівача

Метою розрахунку є визначення товщини стінки еліптичного днища кришки апарата, яка задовольняє умовам міцності апарата, а також підбір товщини стандартного листа для її виготовлення.

Розрахункова схема днища наведена на рисунку 4.12

Вихідні дані:

діаметр апарата, м, D	0,8;
розрахунковий тиск, МПа, P_R	1,2;
допустиме напруження матеріалу, МПа, $[\sigma]$	137;
матеріал	Сталь 3сп.

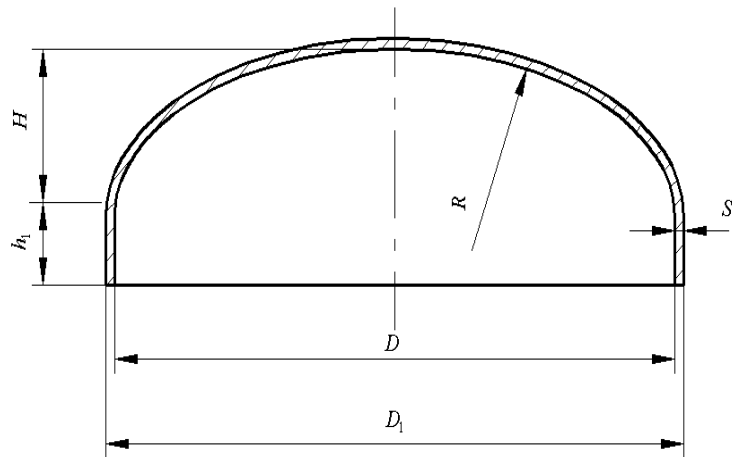


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема еліптичного днища

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [22].

В данному розрахунку необхідно визначити товщину днища та перевірити, чи виконується умова міцності.

Розрахункову товщину стінки визначаємо за стандартною формулою (за ГОСТ 14249-89):

Розрахунок на допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$S_R = \frac{P_R \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 P} = \frac{1,2 \cdot 800}{2 \cdot 137 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 1,2} = 3,902 \text{ мм} = 0,003902 \text{ м},$$

де φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi=0,9$ [11].

Із врахуванням поправок маємо:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 3,902 + 2,0 + 0,12 + 0 = 6,022 \text{ мм} = 0,006022 \text{ м.}$$

Товщину днища необхідно приймати не менше товщини корпусу і згідно рекомендаціям стандартів не менше 0,008 м. Приймаємо $S=0,008$ м. Обчислюємо висоту еліптичної частини днища та радіус:

$$H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 800 = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м.}$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{800^2}{4 \cdot 200} = 800 \text{ мм} = 0,8 \text{ м.}$$

В зв'язку з тим, що ми обрали еліптичне днище, його обов'язково необхідно виконувати з відбортовкою. Усі параметри днища вибираються згідно стандартів.

Виконуємо перевірку на допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot (S - C) \cdot [\sigma] \cdot \varphi}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot (8,0 - 2,12) \cdot 137 \cdot 0,9}{800 + 0,5 \cdot (8,0 - 2,12)} = 1,499 \text{ МПа.}$$

$$P = 1,2 \text{ МПа} \leq [P] = 1,499 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску $P=1$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[P]=1,499$ МПа. Умова міцності виконується, отже розрахована виконавча товщина стінки еліптичного днища $S = 0,008$ м.

4.4.5 Розрахунок трубної решітки нагрівача

Метою розрахунку є визначення товщини трубної решітки, яка забезпечить роботу нагрівача при навантаженні внутрішнім тиском.

Розрахункова схема трубної решітки наведена на рисунку 4.13.

Вихідні данні:

діаметр апарата, м, D	0,8;
середній діаметр прокладки, м, $D_{\text{сп}}$	0,82;
внутрішній надлишковий тиск, МПа, p	1,2;
допустиме напруження матеріалу решітки, МПа, $[\sigma]$	137.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		88

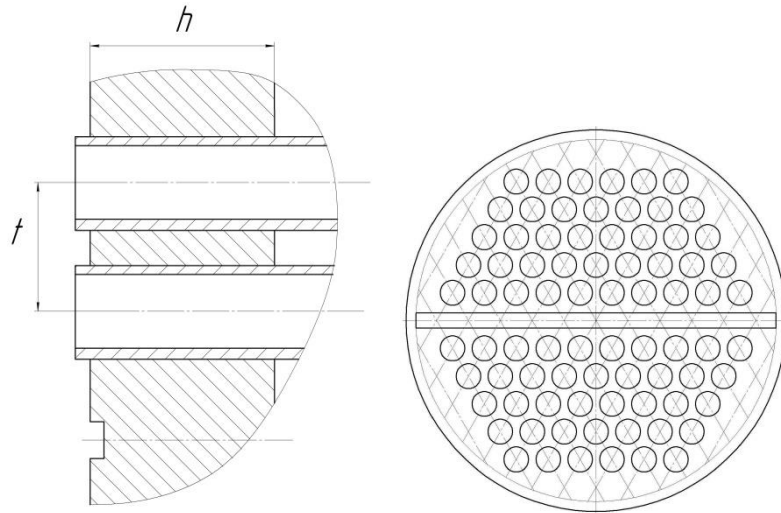


Рисунок 4.13–Розрахункова схема трубної решітки

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [16].

Номінальна розрахункова товщина трубної решітки зовні:

$$h'_1 = KD_{cn} \sqrt{\frac{p}{[\sigma]}} = 0,36 \cdot 0,82 \sqrt{\frac{1,2}{137}} = 0,0276 \text{ м,}$$

де K – коефіцієнт, $K=0,36$ [17].

Номінальна розрахункова товщина посередині решітки:

$$h' = KD \sqrt{\frac{p}{\varphi_0 [\sigma]}} = 0,47 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{0,25 \cdot 137}} = 0,0703 \text{ м,}$$

де K – коефіцієнт, $K=0,47$ [16];

φ_0 – коефіцієнт ослаблення решітки отворами:

$$\varphi_0 = \frac{D - \sum d}{D} = \frac{0,8 - 0,025 \cdot 24}{0,8} = 0,25,$$

де $\sum d$ - сума отворів на діаметрі решітки, $\sum d = b d$;

b – кількість труб на діагоналі решітки, $b=24$ [16].

Виконавча товщина трубної решітки:

$$h_1 \geq h'_1 + C = 0,0276 + 0,003 = 0,0306 \text{ м,}$$

$$h \geq h' + C = 0,0703 + 0,003 = 0,0733 \text{ м.}$$

Умова стійкості труб:

$$\frac{d_3^2 p}{d_3^2 - d_6^2} \leq \varphi[\sigma],$$

де d_3 – зовнішній діаметр теплообмінних труб, $d_3 = 0,025$ м ;

d_6 – внутрішній діаметр теплообмінних труб, $d_6 = 0,021$ м ;

φ - коефіцієнт зменшення допустимого напруження при осьовому стисненні. Приймаємо $\varphi = 0,77$.

Тоді:

$$\frac{d_3^2 p}{d_3^2 - d_6^2} = \frac{0,025^2 \cdot 1,2}{0,025^2 - 0,021^2} = 4,07 \text{ МПа.}$$

$$\varphi[\sigma] = 0,77 \cdot 137 = 105,5 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову стійкості труб:

$$4,07 \text{ МПа} < 105,5 \text{ МПа.}$$

Умова стійкості виконується.

Середня арифметична довжина сторін прямокутника, утвореного центрами чотирьох суміжних труб:

$$l_1 = 1,18 \cdot t = 1,18 \cdot 0,032 = 0,03776 \text{ м,}$$

де t - крок між теплообмінними трубами, $t = 0,032$ м [16].

Середня арифметична довжина сторін прямокутника, утвореного центрами чотирьох суміжних труб в крайньому ряду:

$$l_2 = \frac{D - t(b - 1) + 2t}{4} = \frac{0,8 - 0,032(24 - 1) + 2 \cdot 0,032}{4} = 0,032 \text{ м.}$$

Розрахункова середня арифметична довжина сторони чотирикутника:

$$l = \max\{l_1; l_2\} = \max\{0,03776; 0,032\} = 0,03776 \text{ м.}$$

Розрахункова товщина трубної решітки:

$$h' = 0,525l \sqrt{\frac{p}{\left(1 - 0,7 \frac{d_3}{l}\right)[\sigma]}} = 0,525 \cdot 0,03776 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{\left(1 - 0,7 \frac{0,025}{0,03776}\right) \cdot 137}} =$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

$$= 0,002532 \text{ м.}$$

Остаточне значення товщини решітки визначаються з умов надійності розвальцьовки труб.

Розрахункова осьова сила, що діє в місці закріплення труби:

$$P_m = \frac{\pi}{4} d_s^2 p = \frac{3,14}{4} \cdot 0,025^2 \cdot 1,2 = 5,89 \cdot 10^{-4} \text{ МН.}$$

Розрахункова висота трубної решітки з умов надійності закріплення труб:

$$h' = \frac{P_m}{d_s q} = \frac{5,89 \cdot 10^{-4}}{0,025 \cdot 12} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де q - допустиме навантаження на одну умовну одиницю поверхні розвальцьовки, $q = 12 \text{ МН/м}^2$ [16].

Крім того для сталевих труб повинна виконуватися умова:

$$h' \geq \frac{4,35d_s + 15}{t - d_s}.$$

Звідки:

$$\frac{4,35d_s + 15}{t - d_s} = \frac{4,35 \cdot 25 + 15}{32 - 25} = 17,65, \text{ мм} = 1,765 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Перевіряємо умову для сталевих труб:

$$1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м} > 1,765 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Умова виконується.

З урахуванням поправки на корозію, а також те, що глибина розвальцьовання повинна бути не менше $1,5d_s = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ мм} = 0,037 \text{ м}$, приймаємо товщину трубної решітки $h = 0,04 \text{ м}$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

4.4.6 Розрахунок укріплення отворів

Метою розрахунку є перевірка міцності обичайки, ослабленої отвором, та застосування, в разі необхідності укріплення отворів.

Розрахункова схема наведена рисунку 4.14.

Вихідні дані:

діаметр апарату, м, D	0,8;
товщина стінки апарату, м, S	0,006;
розрахункова товщина апарату, м,	0,00325;
додаток до товщини, м, c	0,0009;
параметри штуцера для підводу води:	
діаметр штуцера, м, d	0,08;
товщина стінки штуцера, м, $S_{ш}$	0,003;
тиск робочий, МПа, p	1,2;

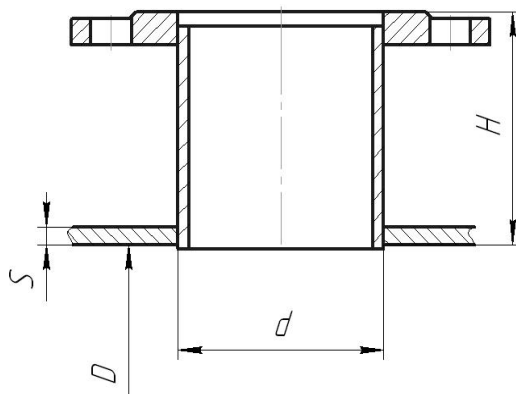


Рисунок 4.14 – Розрахункова схема укріплення отворів

Методика проведення даного розрахунку за [16].

Розрахунковий діаметр для укріплюваного отвору:

$$D_R = \frac{D^3}{2H} \sqrt{1 - 4 \frac{D^2 - 4H^2}{D^4} x^2} = \frac{0,8^3}{2 \cdot 0,018} \sqrt{1 - 4 \frac{0,8^2 - 4 \cdot 0,018^2}{0,8^4} \cdot 0^2} = 0,0142 \text{ м,}$$

де x - відстань від центра отвору, що не потребує укріплення до осі еліптичного днища, $x = 0$ м.

Розрахунковий діаметр отвору:

$$d_R = D + 2C = 0,8 + 2 \cdot 0,001 = 0,802 \text{ м.}$$

Ширина зони укріплення, яка прилягає до штуцера при відсутності

накладного кільця:

$$B_0 = \sqrt{D_R(S - C)} = \sqrt{0,0142(0,006 - 0,001)} = 0,00842 \text{ м.}$$

Розрахунковий діаметр поодинокого отвору, що не потребує укріплення:

$$\begin{aligned} d_{oR} &= 2 \cdot \left(\frac{S - c}{S_R} - 0,8 \right) \cdot B_0 = \\ &= 2 \cdot \left(\frac{0,006 - 0,001}{0,00325} - 0,8 \right) \cdot 0,00842 = 2,1 \text{ м} \end{aligned}$$

Умова необхідності укріплення отвору:

$$d_R \leq d_{oR};$$

$$0,153 < 2,1 \text{ м.}$$

Оскільки діаметр штуцера значно менший за максимальний діаметр поодинокого отвору, що не потребує укріплення, то отвір не потребує укріплення.

Висновок: днище, ослаблене отвором не потребує укріплення, оскільки діаметр штуцерів значно менший за максимальний діаметр поодинокого отвору, що не потребує укріплення.

4.4.7 Розрахунок опор нагрівача

Метою розрахунку є перевірка несучої спроможності обичайки від дії опорних навантажень.

Розрахункова схема опор зображена на рисунку 4.15.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Для встановлення горизонтальних апаратів на робочому місці застосовують сідлові опори. Даний теплообмінник необхідно встановлювати на сідлових опорах типу 1 виконання 2.

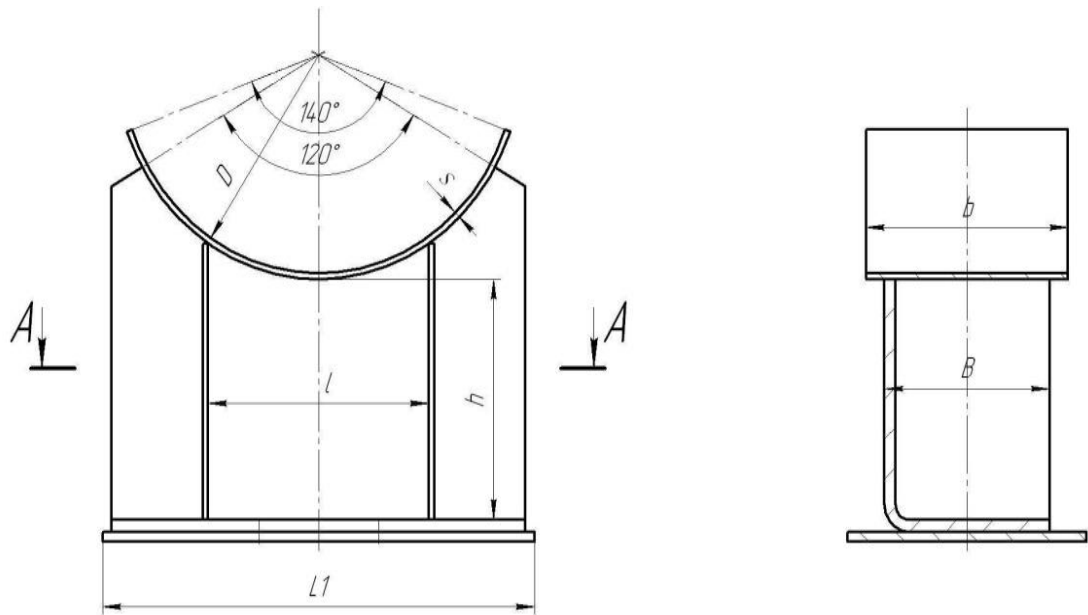


Рисунок 4.15 – Розрахункова схема опор

Вихідні дані для розрахунку:

вага апарата, МН, G	0,006867;
кількість опор, n	2;
внутрішній надлишковий тиск, МПа, P	1;
внутрішній діаметр обичайки, м, D	0,8;
товщина обичайки, м, S	0,008;
додаток до розрахункової товщини, м, C	0,002;
довжина циліндричної частини корпусу, м, L	1,5;
відстань між опорами, м, l_1	0,72;
відстань від опори до краю циліндричної частини корпусу, м, a_1	1;
кут охоплення обичайки опорним листом, δ	120°;
ширина листа м, b	0,36;

матеріал корпусу Ст3сп;
 допустиме напруження при розрахунковій температурі, МПа, $[\sigma]^t$ 138;
 модуль пружності при розрахунковій температурі, МПа, E^t $1,89 \cdot 10^5$;
 відстань від опори до найближчого зварного шва $F=0,11$.

Розрахунок проводимо згідно методики наведеної в [23]

Навантаження на горизонтальні опори:

Розподілене навантаження за довжиною апарата:

$$q = \frac{G}{L + \frac{4}{3}H} = \frac{0,006867}{1,5 + \frac{4}{3} \cdot 0,1} = 0,001826 \text{ МН/м},$$

де $H=0,1$ м – висота опуклої частини еліптичного днища [23].

Зосереджений момент:

$$M_0 = \frac{qD^2}{4} = \frac{0,001826 \cdot 0,8^2}{4} = 7,304 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Відношення:

$$\frac{a_1}{l_1} = \frac{1}{0,72} = 1,38.$$

Довжина вільно виступаючої частини еквівалентної посудини:

$$e = a_1 + \frac{2}{3}H = 1 + \frac{2}{3} \cdot 0,1 = 1,0667 \text{ м}.$$

Опорне зусилля:

$$F_i = \psi_1 \frac{G}{n} = 1 \cdot \frac{0,0112}{2} = 0,0056 \text{ МН},$$

де ψ_1 – коефіцієнт, $\psi_1 = 1$ [23].

Вигинаючий момент над i -тою опорою:

$$M_1 = M_2 = \frac{qe^2}{2} - M_0 = \frac{0,001826 \cdot 1,0667^2}{2} - 0,00007304 = 0,001892 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Максимальний вигинаючий момент між опорами:

$$M_{ij} = M_{12} = M_0 + F_1 \left(\frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \left(\frac{L}{2} + \frac{4}{3} H \right)^2 =$$

$$= 0,00007304 + 0,0056 \cdot \left(\frac{1,5}{2} - 1 \right) - \frac{0,001826}{2} \left(\frac{1,5}{2} + \frac{4}{3} \cdot 0,1 \right)^2 =$$

$$= 8,001 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Поперечне зусилля в перерізі над і-тою опорою:

$$Q_i = \frac{L - 2a}{4} F_i = \frac{1,5 - 2 \cdot 1}{4} \cdot 0,0056 = 0,00448 \text{ МН.}$$

Перевірка несучої спроможності обичайки, яка в області опорного вузла не підкріплена підкладним листом та кільцем жорсткості.

Умови застосування розрахункових формул і коефіцієнт міцності зварного шва:

$$60^\circ \leq \delta_1 = 120^\circ \leq 180^\circ,$$

$$\sqrt{D(S - C)} = \sqrt{0,8 \cdot (0,008 - 0,0009)} = 0,045 < f = 0,11.$$

Умови виконується, отже $\varphi = 1$.

Параметри системи:

Параметр, що визначається відстанню від вертикальної осі симетрії сідлової опори до днища:

$$\gamma = 2,83 \frac{a}{D} \sqrt{\frac{S - C}{D}} = 2,83 \cdot \frac{1}{0,8} \sqrt{\frac{0,008 - 0,0009}{0,8}} = 1,12.$$

Параметр, що визначається шириною сідлової опори:

$$\beta = 0,91 \frac{b}{\sqrt{D(S - C)}} = 0,91 \frac{0,36}{\sqrt{0,8 \cdot (0,008 - 0,0009)}} = 7,971.$$

Загальне осьове мембранне напруження, що діє в області приєднання опорного вузла:

$$\bar{\sigma}_{\max} = \frac{4M_i}{\pi D^2 (S - C)} = \frac{4 \cdot 0,01892}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot (0,008 - 0,0009)} = 2,95 \text{ МПа.}$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

Допустимий вигинаючий момент за умовою міцності циліндричної обичайки:

$$[M]_M = \frac{\pi}{4} D(D + S - C)(S - C)[\sigma] =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 0,8 \cdot (0,8 + 0,008 - 0,0009) \cdot (0,008 - 0,0009) \cdot 138 =$$

$$= 0,08953 \text{ МПа.}$$

Допустимий вигинаючий момент за умовою стійкості в границях пружності:

$$[M]_E = \frac{89 \cdot 10^{-6} E}{n_c} D^3 \left[\frac{100(S - C)}{D} \right]^{2,5} =$$

$$= \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot 1,89 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 0,48^3 \cdot \left[\frac{100(0,008 - 0,009)}{0,8} \right]^{0,25} = 0,4766 \text{ МН} \cdot \text{м},$$

де n_c – коефіцієнт стійкості, $n_c = 2,4$ [11].

Допустимий вигинаючий момент:

$$[M] = \frac{[M]_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_M}{[M]_E} \right)^2}} = \frac{0,08953}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,08953}{0,4766} \right)^2}} = 0,08799 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Допустиме осьове стискуjące зусилля з умов стійкості циліндричної обичайки:

$$[F]_M = \pi(D + S - C)(S - C)[\sigma] =$$

$$= 3,14 \cdot (0,4 + 0,008 - 0,0009)(0,008 - 0,0009) \cdot 138 =$$

$$= 0,8953 \text{ МН.}$$

Допустиме осьове стискуjące зусилля з умов стійкості в границях пружності:

$$[F]_E = \frac{310 \cdot 10^{-6} E}{n_c} D^2 \left[\frac{100(S - C)}{D} \right]^{2,5} =$$

$$= \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1,89 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 0,8^2 \cdot \left[\frac{100(0,008 - 0,0009)}{0,8} \right]^{2,5} = 4,151 \text{ МН.}$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

Допустиме осьове стискуjące зусилля:

$$[F] = \frac{[F]_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_M}{[F]_E}\right)^2}} = \frac{0,8953}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,8953}{4,151}\right)^2}} = 0,8752 \text{ МН.}$$

Допустиме поперечне зусилля за умовами міцності:

$$[Q]_M = 0,25\pi D(S - C)[\sigma] = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot (0,008 - 0,0009) \cdot 138 = 0,221 \text{ МН.}$$

Допустиме поперечне зусилля за умовами стійкості в границях пружності:

$$[Q]_E = \frac{2,4E(S - C)^2}{n_c} \left[0,18 + 3,3 \frac{D(S - C)}{l^2} \right] =$$

$$= \frac{2,4 \cdot 1,89 \cdot 10^5 \cdot (0,008 - 0,0009)}{2,4} \left[0,18 + 3,3 \frac{0,8 \cdot (0,008 - 0,0009)}{1,5^2} \right] =$$

$$= 173,7 \text{ МН.}$$

Допустиме поперечне зусилля:

$$[Q] = \frac{[Q]_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_M}{[Q]_E}\right)^2}} = \frac{0,221}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,221}{173,7}\right)^2}} = 0,2211 \text{ МН.}$$

Геометричні характеристики фланцевого з'єднання:

$$y = \frac{D}{S - C} = \frac{0,8}{0,008 - 0,0009} = 112,7,$$

$$u = \frac{L}{D} = \frac{1,5}{0,8} = 1,8.$$

Коефіцієнт, що враховує заповнення апарату рідиною:

$$K_9 = \max \{ f(y, u); 1 \} = \max \{ 1, 2; 1 \} = 1, 2.$$

Коефіцієнти, що враховує вплив ширини поясу опори

$$K_{10} = \max \left\{ \frac{e^{-\beta} \sin \beta}{\beta}; 0,25 \right\} = \max \left\{ \frac{e^{-7,971} \sin 7,971}{7,971}; 0,25 \right\} = 0,25,$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

$$K_{11} = \frac{1 - e^{-\beta} \sin \beta}{\beta} = \frac{1 - e^{-7,971} \sin 7,971}{7,971} = 0,1254.$$

Коефіцієнти, що враховують вплив кута охоплення:

$$K_{12} = \frac{1,15 - 0,143 \cdot \delta_1}{\sin(0,5\delta_1)} = \frac{1,15 - 0,143 \cdot 2,44}{\sin(0,5 \cdot 2,44)} = 0,853,$$

$$K_{13} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1\delta_1}{\pi}; 0\right\}}{\sin(0,5\delta_1)} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1 \cdot 2,44}{\pi}; 0\right\}}{\sin(0,5 \cdot 2,44)} = 0,73.$$

Коефіцієнти, що враховують відстань від осі опори до днища:

$$K_{15} = \min\left\{1, 0; \frac{0,8\sqrt{\gamma} + 6\gamma}{\delta_1}\right\} = \min\left\{1, 0; \frac{0,8\sqrt{1,12} + 6 \cdot 1,12}{2,44}\right\} = \\ = \min\{1, 0; 3,1\} = 1,0.$$

$$K_{17} = 1 - \frac{0,65}{1 + (6\gamma)^2} \sqrt{\frac{\pi}{3\delta_1}} = 1 - \frac{0,65}{1 + (6 \cdot 1,12)^2} \sqrt{\frac{3,14}{3 \cdot 2,44}} = 0,9448.$$

Коефіцієнти, що враховують геометричні розміри циліндричної обичайки:

$$K_{17} = \frac{1}{1 + 0,6 \sqrt{\frac{D}{S-C}} \frac{b}{D} \delta_1} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot \sqrt{\frac{0,8}{0,008 - 0,0009}} \cdot \frac{0,3}{0,8} \cdot 2,94} = 0,346.$$

$$K_{19} = \frac{5}{6^3 \sqrt{\frac{D}{S-C}} \delta_1} = \frac{5}{6 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,8}{0,008 - 0,0009}} \cdot 2,44} = 0,07979.$$

Перевірка несучої спроможності обичайки в перерізі між опорами.

Умова міцності:

$$\frac{pD}{4(S-C)} + \frac{4M_{12}K_9}{\pi D^2(S-C)} \leq \varphi[\sigma].$$

$$\frac{pD}{4(S-C)} + \frac{4M_{12}K_9}{\pi D^2(S-C)} = \frac{1 \cdot 0,8}{4(0,008 - 0,0009)} + \frac{4 \cdot 8,001 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot (0,008 - 0,0009)} = \\ = 34,59 \text{ МПа.}$$

$$\varphi[\sigma] = 1 \cdot 138 = 138 \text{ МПа.}$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Перевіряємо умову міцності за формулою:

$$34,59 \text{ МПа} < 138 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Умова стійкості:

$$\frac{M_{12}}{[M]} = \frac{8,001 \cdot 10^{-3}}{0,08799} = 0,0909 < 1.$$

Умова стійкості виконується.

Коефіцієнт K_2 . За робочих умов $K_2=1,2$, за умов монтажу $K_2=1$ [16].

Коефіцієнти, що враховують ступінь навантаження загальними мембранними напруженнями:

У точці 2:

$$\nu_{21}^{(2)} = -\bar{\sigma}_{max} \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = -2,95 \cdot \frac{1,2}{1,5 \cdot 138} = -0,0171.$$

$$\nu_{22}^{(2)} = \left(\frac{pD}{4(S-C)} - \bar{\sigma}_{max} \right) \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = \left(\frac{1 \cdot 0,8}{4(0,008 - 0,0009)} - 2,95 \right) \frac{1,2}{1,5 \cdot 138} = 0,09657.$$

У точці 3:

$$\nu_{21}^{(3)} = 0.$$

$$\nu_{22}^{(3)} = \frac{pD}{2(S-C)} \cdot \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = \frac{1 \cdot 0,8}{2(0,008 - 0,0009)} \cdot \frac{1,2}{1,5 \cdot 138} = 0,2273.$$

Коефіцієнт, що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

У точці 2:

Оскільки $\nu_{21}^{(2)} = -0,0171 < 0$ то:

$$\nu_{11}^{(2)} = \frac{0,23 K_{13} K_{15}}{K_{12} K_{10}} = \frac{0,23 \cdot 0,73 \cdot 1}{0,853 \cdot 0,25} = 0,7873.$$

Оскільки $\nu_{22}^{(2)} = 0,09657 > 0$ то:

$$\nu_{12}^{(2)} = -\frac{0,23 K_{13} K_{15}}{K_{12} K_{10}} = -\frac{0,23 \cdot 0,73 \cdot 1}{0,853 \cdot 0,25} = -0,7873.$$

У точці 3:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Оскільки $\nu_{21}^{(3)} = 0$, то:

$$\nu_{11}^{(3)} = -\frac{0,53K_{11}}{K_{14}K_{16}K_{17}\sin(0,5\delta)} = -\frac{0,23 \cdot 0,1254}{0,43 \cdot 0,51 \cdot 0,346 \cdot \sin(0,5 \cdot 2,44)} = -0,4048.$$

Оскільки $\nu_{22}^{(3)} = 0,2273 > 0$, то:

$$\nu_{12}^{(3)} = -\frac{0,53K_{11}}{K_{14}K_{16}K_{17}\sin(0,5\delta)} = -\frac{0,23 \cdot 0,1254}{0,43 \cdot 0,51 \cdot 0,346 \cdot \sin(0,5 \cdot 2,44)} = -0,4048.$$

Коефіцієнт K_1 .

У точці 2:

Оскільки $\nu_{11}^{(2)} = 0,7873 \neq 0$, то:

$$K_{11}^{(2)} = \frac{1 + 3\nu_{11}^{(2)}\nu_{21}^{(2)}}{3(\nu_{11}^{(2)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{11}^{(2)})^2 [1 - (\nu_{21}^{(2)})^2]}{[1 + 3\nu_{11}^{(2)}\nu_{21}^{(2)}]^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot 0,7873 \cdot (-0,0171)}{3 \cdot 0,7873^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot 0,7873^2 \cdot [1 - (-0,0171)^2]}{[1 + 3 \cdot 0,7873 \cdot (-0,0171)]^2} + 1} - 1 \right) = 0,278.$$

$$K_{12}^{(2)} = \frac{1 + 3\nu_{12}^{(2)}\nu_{22}^{(2)}}{3(\nu_{12}^{(2)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{12}^{(2)})^2 [1 - (\nu_{22}^{(2)})^2]}{[1 + 3\nu_{12}^{(2)}\nu_{22}^{(2)}]^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot (-0,7873) \cdot 0,09657}{3 \cdot (-0,7873)^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (-0,7873)^2 \cdot [1 - 0,09657^2]}{[1 + 3 \cdot (-0,7873) \cdot 0,09657]^2} + 1} - 1 \right) = 0,293.$$

$$K_1^{(2)} = \min \{ K_{11}^{(2)}, K_{12}^{(2)} \} = \min \{ 0,278; 0,293 \} = 0,278.$$

У точці 3:

Оскільки $\nu_{11}^{(3)} = -0,4048 \neq 0$, то:

$$K_{11}^{(3)} = \frac{1 + 3\nu_{11}^{(3)}\nu_{21}^{(3)}}{3(\nu_{11}^{(3)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{11}^{(3)})^2 [1 - (\nu_{21}^{(3)})^2]}{[1 + 3\nu_{11}^{(3)}\nu_{21}^{(3)}]^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot (-0,4048) \cdot 0}{3 \cdot (-0,4048)^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (-0,4048)^2 \cdot [1 - (0)^2]}{[1 + 3 \cdot (-0,4048) \cdot 0]^2} + 1} - 1 \right) = 0,4256.$$

$$K_{11}^{(3)} = \frac{1 + 3\nu_{12}^{(3)}\nu_{22}^{(3)}}{3(\nu_{12}^{(3)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{12}^{(3)})^2 [1 - (\nu_{22}^{(3)})^2]}{[1 + 3\nu_{12}^{(3)}\nu_{22}^{(3)}]^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot (-0,4048) \cdot 0,2073}{3 \cdot (-0,4048)^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (-0,4048)^2 \cdot [1 - 0,2073^2]}{[1 + 3 \cdot (-0,4048) \cdot 0,2073]^2} + 1} - 1 \right) = 0,3949.$$

$$K_1^{(3)} = \min \{ K_{11}^{(3)}, K_{12}^{(3)} \} = \min \{ 0,4256; 0,3949 \} = 0,3949.$$

Граничне напруження вигину:

У точці 2:

$$[\sigma_1]^{(2)} = K_1^{(2)} [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 0,278 \cdot 138 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 48,12 \text{ МПа.}$$

У точці 3:

$$[\sigma_1]^{(3)} = K_1^{(3)} [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 0,3949 \cdot 138 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 68,1 \text{ МПа.}$$

Допустимі опорні зусилля від навантажень в осьовому напрямку в точці 2:

$$[F]^{(2)} = \frac{0,7 \cdot [\sigma_1]^{(2)} \sqrt{D/(S-C)} \cdot (S-C)}{K_{10} K_{12}} =$$

$$= \frac{0,7 \cdot 48,12 \cdot \sqrt{0,8 / (0,008 - 0,0009)} \cdot (0,008 - 0,0009)}{0,25 \cdot 0,1254} = 0,484 \text{ МН.}$$

Допустимі опорні зусилля від навантажень в осьовому напрямку в точці 3:

$$[F]^{(3)} = \frac{0,9 \cdot [\sigma_1]^{(3)} \sqrt{D/(S-C)} \cdot (S-C)}{K_{14} K_{16} K_{17}} =$$

$$= \frac{0,9 \cdot 68,1 \cdot \sqrt{0,8 / (0,008 - 0,0009)} \cdot (0,008 - 0,0009)}{0,43 \cdot 0,51 \cdot 0,346} = 0,5791 \text{ МН.}$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Ефективне осьове зусилля від місцевих мембранних напружень, що діють в області опори:

$$F_e = F_i \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{D}{S-C}} K_{13} K_{15} = 0,0056 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot \sqrt{\frac{0,8}{0,008-0,0009}} \cdot 0,73 \cdot 1,0 =$$

$$= 0,02842 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Умова стійкості:

$$\frac{M_i}{[M]} + \frac{F_e}{[F]} + \left(\frac{Q_s}{[Q]} \right)^2 = \frac{0,008001}{0,08799} + \frac{0,02842}{0,8752} + \left(\frac{0,00448}{0,2211} \right)^2 = 0,12 < 1.$$

Умова стійкості виконується.

Умова міцності опорного вузла:

$$F_i \leq \min \{ [F]^{(2)}; [F]^{(3)} \}.$$

Перевіряємо умову міцності опорного вузла за формулою

$$0,0056 \text{ МН} < \min \{ 0,484; 0,5791 \} = 0,484 \text{ МН}.$$

Умова міцності виконується.

Для того, щоб запобігти руйнування штуцера апарату, під час транспортування, використовуємо опору збільшеної довжини.

Площа поперечного перерізу опори:

$$f = L_1 \cdot s_{i\bar{i}} + 2 \cdot s_1 \cdot B = 0,470 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,006 \cdot 0,18 = 7,164 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де L_1 – ширина опорної плити, $L_1 = 0,470 \text{ м}$ [23];

s_{on} – товщина опорної плити, $s_{on} = 0,006 \text{ м}$ [23];

s_1 – товщина ребра жорсткості, $s_1 = 0,006 \text{ м}$ [23];

B – ширина ребра жорсткості, $B = 0,180 \text{ м}$ [23].

Напруження, яке виникає в опорі:

$$\sigma = \frac{F_i}{f} = \frac{0,0127}{7,164 \cdot 10^{-3}} = 1,773 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:

$$\sigma = 1,773 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 138 \text{ МПа}.$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Умова міцності виконується.

Отже, як показує розрахунок, стінка обичайки витримує опорні навантаження, приймаємо товщину стінки $s = 0,006$ м.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Метою розділу є встановлення вимог охорони праці для установки очистки коксових газів та перевірка відповідності апаратів цим вимогам [24].

Згідно Кодексу законів про працю України на всіх підприємствах повинні створюватися здорові і безпечні умови праці (ст. 153). Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць встановлення обладнання, правильну експлуатацію і правильну організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання санітарно-гігієнічних норм повсюди [25].

Тема магістерської дисертації передбачає модернізацію установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача. Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор установки. Площа виробничого приміщенні $S=1500 \text{ м}^2$. Площа операторської $S=30 \text{ м}^2$

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії являються:

- ураження електричним струмом;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум і вібрації;
- повітря робочої зони;
- вибухопожежонебезпека (надзвичайні ситуації);

Перед початком роботи необхідно перевірити:

- робоче місце, яке утримується в чистоті та порядку;
- справність обладнання та його механізмів;
- наявність та справність огорожень;
- справність електрообладнання, відсутність пошкоджених зовнішніх проводів;
- наявність та справність заземлення обладнання;
- справність витяжної вентиляції, підключеної до установки;

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

-справну роботу аварійної кнопки, “СТОП” та блокувальних пристроїв.

До обслуговування лінії допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання та отримали право працювати на ній.

До обслуговування електрообладнання допускаються особи, що склали кваліфікаційній комісії іспит з ПУЕ електроустановок будь-якого типу, а також пройшли відповідний інструктаж на робочому місці.

Під час роботи лінії забороняється виконувати ремонт, наладку та змащування частин, що рухаються, доторкатись до гарячих та рухомих частин, працювати при відкритих щитках та огороженнях;

В випадку якої-небудь небезпеки або поміченої несправності необхідно негайно зупинити установку натисканням аварійної кнопки “СТОП” та повідомити про це майстра.

5.1 Електробезпека

Устаткування лінії, що розробляється в проекті буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна. Згідно ПУЕ воно відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. На пульті управління машиніста напруга $U = 220/380$ В, частота $f = 50$ Гц. Тип електромережі - із глухозаземленою нейтралю.

Для забезпечення електробезпечності передбачені організаційні і технічні заходи:

- інструктаж і навчання безпечним методам праці;
- встановлення блокування безпеки та огорожі;
- встановлення плакатів і знаків безпеки (показано на рисунку 5.1);
- недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою(кабелі вкладаємо в полівінілхлоридові труби, піддати захисту: недоступність кабелів на висоті $h_{min} = 2,7$ м, застосування огорожувальних пристроїв);
- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ($R \geq 0,5$ МОм);

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докв.	Підпис	Лат		

- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах, різні кольори пускового та робочого обладнання;



Рисунок 5.1 – Приклади попереджувальних знаків

- при роботі з електроінструментом ($u \leq 42\text{В}$), застосовуються індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Струм, проходячи через людину, що доторкнулася до корпусу ушкодженого устаткування (без заземлення):

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + \frac{r}{3}} = \frac{220}{5000 + \frac{20000}{3}} = 0,018 \text{ А} = 18 \text{ мА}$$

де $R_{\text{л}}$ – опір тіла людини, який при розрахунках приймається рівним 5000 Ом; $U_{\text{ф}}$ – фазна напруга, В; r – опір стікання, Ом.

Такий струм небезпечний для життя людини.

Тому необхідно розрахунки захисного заземлення.

Загальний опір:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

$$R_{заг} = \frac{R_0}{\sqrt{n}} = 3,5 \text{ Ом}$$

Опір штучного заземлювача:

$$R = \frac{R_e : R_0}{R_e - R_0} = 4 \text{ Ом}$$

Необхідна кількість паралельно розташованих заземлювачів:

$$n = \frac{R_1}{R \cdot \eta} = 6$$

Загальний опір полоси та штирів приймається 5 Ом.

В якості заземлювачів використовують електроди діаметром 12 мм, довжиною 3 м та в кількості 6 штук.

При заземленні устаткування струм, що проходить через людину буде дорівнювати :

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + \frac{r}{3} + \frac{R_{л} \cdot r}{3 \cdot R_3}} = \frac{220}{5000 + \frac{20000}{3} + \frac{1000 \cdot 20000}{3 \cdot 4}} = 0,00013 \text{ А} = 0,13 \text{ мА} ,$$

де R_3 – опір заземлення, $R_3 = 4 \text{ Ом}$, $R_{заг} = 3,5 \text{ Ом}$

В аварійному режимі приміняється пристрій занулення і захисне автовідключення, відповідно до [ГОСТ 12.1.030-81/91 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення].

5.2 Виробниче освітлення

Система штучного освітлення: загальна і комбінована. Проектом передбачене робоче, евакуаційне, аварійне і ремонтне освітлення.

Проектом передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках установки, мінімальна освітленість повинна становити $E_{нор} = 200 \text{ лк}$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Для освітлення приміщення цеху приймаємо лампи дугові ртутні лампи ДРЛ-400 потужністю $W=400$ Вт, у кількості $n=40$ шт. і забезпечують світловий потік $\Phi=19000$ лм, що відповідає вимогам [26].

В операторській використовуємо світлодіодні лампи $W=8$ Вт, $\varnothing=8$ мм, $n=3$.

Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа розжарювання НВ, що дає освітлення $E=200$ лк і відповідає до ДБНВ 2.5.28-2006.

Згідно СН 181-70 для підвищення рівномірності розподілу яскравості у полі зору, стеля і стіни виробничих приміщень пофарбовані у салатовий колір. Виробниче устаткування пофарбоване в яскраво-зелені тони, частини що рухаються – яскраво-жовті, а відкриті механізми в яскраво-червоний колір.

5.3 Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі обладнання є електродвигуни (загальна потужність яких $N=24$ кВт) та вентилятори і насоси. Загальний рівень шуму становить $L=96-98$ дБА.

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- встановлення екранів, за допомогою футіровки корпусів двигунів і насосів ($\Delta L=15$ дБА);
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться ($\Delta L=6$ дБА);
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом ($\Delta L=8$ дБА).

Персонал, що обслуговує насосне відділення, забезпечити індивідуальними засобами захисту – протишумові навушники ПШН – Б та протишумові вкладиші «Беруши СТ – 1».

Джерелом вібрації являються електродвигуни і обертаючі частини лінії. Вібрації виникають внаслідок неточності установки обертаючих частин, нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

Фактичні показники шуму 60 дБА, що відповідає [27].

Заходи проти вібрацій:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості.

Рівень технологічної вібрації у приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає [28].

Для захисту рук від впливу загальної вібрації передбачене взуття на товстій гумовій підшві, відповідно до [29].

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-віброзамірний комплекс ШВК-1.

Сумарний час роботи в контакт з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

5.4 Повітря робочої зони

З метою нормалізації повітря в приміщенні передбачені технологічні заходи:

- Герметизація технологічного устаткування.
- Теплоізоляція устаткування, температура зовнішніх стінок якого перевищує 333 К, з розрахунку температура навколишнього повітря плюс 279 К.

Проектом передбачена вентиляція приміщення де розташовано насоси.

У зоні роботи операторів передбачається кондиціонування повітря.

В усіх виробничих приміщеннях запроектоване парове опалення в зимову пору року $t_{\text{тепл}} = 70 - 75^{\circ}\text{C}$.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

В цеху підтримуються такі показники повітря: температура $t = 20 - 23^{\circ}\text{C}$, вологість $w = 40 - 60\%$, переміщення повітря $v = 0,2$ м/с.

Технічні засоби, що забезпечують безпеку органів дихання: респіратор газопилозахисний «Клен - ГП», та респіратор ШБ – 1 «Лепесток – 200».

Умови повітря робочої зони забезпечуються завдяки вище перерахованим технічним заходам, що відповідає [30].

5.5 Пожежна безпека

1) На проектованій установці в приміщенні використовуються вибухопожежонебезпечні речовини – димові гази, легкозаймисті рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні. Таким чином приміщення належить до категорії А, згідно [31]. Клас зони - 2.

2) На проектованій установці пожежі і вибухи можливі на наступних ділянках: приміщення насосної та в парках де розташовуються резервуари. Можливі причини загоряння: влучення в повітря робочої зони парів розчинника здатного створювати пожежо-вибухонебезпечні суміші з киснем повітря, розгерметизація фланців трубопроводів, арматури чи апаратів що може призвести до потрапляння мастила в робочу зону, коротке замикання електроустаткування з ушкодженою ізоляцією. На проектованому виробництві можливі наступні джерела загоряння: електричні іскри, розряди зарядів статичної електрики, прямий удар блискавки у виробниче приміщення, замет високих потенціалів через наземні і підземні комунікації.

3) Забезпечується ступінь вогнестійкості об'єкта II по [32].

Для забезпечення вибухопожежної безпеки проектом передбачена система зв'язка й оповіщення, системи порошкового та пінного пожежогасіння, система протипожежного водопроводу, а також первинні засоби пожежогасіння.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) та пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири).

Для гасіння пожежі служать вуглекислотні вогнегасники типу ВП-3(3) у кількості 9 штук, що розташовуються в цеху, біля ребойлерів, та повіртяних холодильників, які представляють загрозу вибуху.

Перша умова проти вибухового захисту - це недопущання утворення такої кількості вибухової суміші, що може спричинити вибух.

Для противибухового захисту передбачена аварійна вентиляція, $L > 8K$. Аварійні вентиляція вмикається автоматично при спрацюванні датчиків при досягненні 20% НКМВ в викидах 10% НКМВ.

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8л. Ящики з піском місткістю 0,5, 1,0 та 3,0 м³ та повинні бути укомплектовані совковою лопатою. Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо бавовняної тканини повинні мати не менш як 2х1м та 2х2 м.

При пожежі в приміщенні знаходяться два евакуиходи (двері) розміром 2,5х1,3м, що розташовані на відстані 90м від установок.

Протипожежний водопровід забезпечує роботу зрошувальних систем колонних апаратів і резервуарів з підключенням для пересувної пожежної техніки.

Для протипожежного захисту блоку колон передбачені стаціонарні установки пінного підшарового пожежогасіння та зрошувальні системи на усю висоту колонних апаратів. Для охолодження при пожежі резервуарів, що знаходяться поруч з місцем пожежі передбачені стаціонарні зрошувальні системи на усю висоту резервуарів і які складаються з двох полукілець, що дає змогу охолоджувати тільки ту частину резервуарів, яка нагрівається. Пожежогасіння в

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докв.	Підпис	Лат		

резервуарах здійснюється за допомогою стаціонарної установки пінного підшарового пожежогасіння.

Для протипожежного захисту компресорної і насосної використовується система порошкового пожежегасіння – модулі порошкового пожежегасіння у вибухозахищеному виконанні, згідно [33].

Зовнішнє пожежогасіння виробничого будинку здійснюється від пожежних гідрантів існуючої кільцевої протипожежної мережі.

На заводі мається спеціалізована пожежна команда в розпорядженні якої є необхідна техніка для пожежегасіння.

Для гасіння невеликих вогнищ запалень при вимкненому електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОП-9(з) та пінні ОХП-10. Для гасіння ввімкнених електромереж застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100. У цеху на відстані 30м один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами по 10м.

Відстані до пожежних евакуиходів – 35м, кількість виходів – 3. Ширина прорізу для дверей евакуиходів – 2,5м згідно з [34].

Визначення ступенів руйнувань цеху

При проектуванні цеху допускаємо можливе розташування біля вибухонебезпечних речовин.

Ступінь руйнування будівлі залежить від її міцності та величини надмірного тиску (ΔP_{ϕ}) ударної хвилі. Величина надмірного тиску, в свою чергу залежить від типу і кількості вибухової речовини та відстані від центру вибуху до цеху.

А. Під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів.

Величина надмірного тиску залежить від того в яку фізичну зону вибуху потрапить об'єкт. Таких зон утворюється 3:

Зона I – детонаційної хвилі (знаходиться в районі ЦВ, в межах хмари речовини вибуху) має радіус:

$$r_1 = 17,5\sqrt[3]{Q} = 17,5 \cdot \sqrt[3]{7} = 41 \text{ м},$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ док.	Піппис	Лат		

де Q – кількість вуглеводневого продукту, т.

В межах цієї зони надмірний тиск $\Delta P_{\phi} = 1700 \text{ кПа}$.

Зона II – дії продуктів вибуху (охоплює територію, де розлетілись продукти газоповітряної суміші внаслідок її детонації) має радіус:

$$r_2 = 1,7r_1 = 1,7 \cdot 41 = 70 \text{ м.}$$

Надмірний тиск в межах цієї зони розраховується за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = 1300 \left(r_1 / R_0 \right)^3 + 50 = 1300 \cdot (41 / 25)^3 + 50 = 5784 \text{ кПа},$$

де R_0 – відстань від ЦВ до об'єкта в межах зони II (тобто $L \leq r_2, R_0 = L$).

Зона III – дії повітряної УХ.

Надмірний тиск в межах цієї зони:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q}} - 1} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{25^3}{7}} - 1} = 633 \text{ кПа},$$

де L – відстань до центру вибуху, м;

Q – кількість вибухової речовини, т.

Б. Під час вибуху вибухової речовини (тротилу, пікринової кислоти, тетрил, гексогену) величину надмірного тиску розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\phi} &= \left(1,05 \frac{\sqrt[3]{Q}}{L} + 43 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{L^2} + 1400 \frac{Q}{L^3} \right) \cdot 10^3 = \\ &= \left(1,05 \cdot \frac{\sqrt[3]{7}}{25} + 43 \cdot \frac{\sqrt[3]{7^2}}{25^2} + 1400 \cdot \frac{7}{25^3} \right) \cdot 10^3 = 1955 \text{ кПа}, \end{aligned}$$

де $Q = K_{BP} \cdot Q_{BP} = 1 \cdot 7 = 7 \text{ т}$; $K_{BP}=1$ – для тротилу.

Висновок: Під час аварії з вибухом 7 тонн тротилу будівля цеху може отримати середні руйнування. Такі як, руйнування даху, внутрішніх перегородок, вибиті двері та вікна, у капітальних стінах можливі тріщини.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів

Теплообмінні горизонтальні апарати встановлюють здебільшого на фундамент вантажопідйомними кранами або щоглами. Кількість кранів визначають масою й жорсткістю монтованого.

Стропують обладнання за монтажні вушки або штуцери, а без них – канатними петлями за корпус. При цьому можуть бути застосовані спеціальні пристрої (наприклад, траверси). Під час монтажу потрібно стежити за тим, щоб місця стропування не збігалися з посадковими поверхнями апарата. Без вантажопідйомного устаткування іноді циліндричні горизонтальні апарати встановлюють на фундамент накочуванням, а апарати з поперечним перерізом будь-якої форми – затягуванням на фундамент по похилій площині (пандусу) на дерев'яних або металевих санях. Часто вантажопідйомні пристрої, що застосовують для монтажних робіт, залишають і для проведення подальшого ремонту обладнання. [35.]

Монтаж колонних апаратів з підтяганням нижньої частини виробу називають способом піднімання. За верхню частину піднімають, а нижню частину, покладену на полозки, підтягають під час монтажу лебідкою або трактором таким чином, щоб вантажні поліспасти весь час розміщалися майже вертикально. Цей спосіб також використовують для монтажу повністю складених апаратів.

Апарат після встановлення на місце необхідно провести перевірку відхилень від проектних осей та відміток в горизонтальному та вертикальному напрямках.

При монтажі окремих частин необхідно звернути увагу на розташування фланцевих з'єднань та їх відхилення від проектних відміток. Особливості монтажу комплектуючих деталей та агрегатів полягає в тому, щоб при монтажі співпадали всі роз'ємні з'єднання. Важливо, щоб співпадали з'єднання трубопроводів.

Після закінчення монтажно-збиральних робіт рекуператор має пройти випробування. Спочатку проводять підготовчі роботи, пов'язані з оглядом та

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Лат		

перевіркою стану всіх частин та вузлів апарата. При цьому особливу увагу необхідно звернути на присутність в конструкції арматури, приладів, кришок, заглушок, болтів, прокладок та інших деталей, які забезпечують герметичність системи.

Проводиться гідравлічне випробування нагрівача разом з трубопроводами пробним тиском для перевірки герметичності та надійності роботи арматури, а також щільності всіх роз'ємних з'єднань.

У випадку зупинки установки необхідно припинити подачу води. Вивантаження апарата та його промивку проводити за інструкцією.

Проектом виробництва монтажно-складальних робіт передбачається звичайно наступна послідовність операцій зборки:

- установка корпуса апарата на фундамент;
- установка обслуговуючих щаблів;
- установка ущільнень, які перебувають усередині апарата;
- установка кришок апарата;
- підгін і приєднання всіх трубопроводів;
- установка арматури і контрольно-вимірювальних приладів;
- герметизація місць з'єднання апарата (кришок, фланців, тощо.);
- випробування апарата на герметичність і здача інженерові держтехнагляду;
- експлуатація спроби установки;
- здача установки в експлуатацію

Підготовка нагрівача до експлуатації під час пуско-налагоджувальних робіт включає перевірку витрат теплоносіїв, температур теплоносіїв на вході та на виході з апарату, тиск в трубопроводі. При цьому слід звернути увагу на легкість та надійність управління технологічним процесом.

За результатами випробувань виявляють дефекти та недоліки, які заносять в акт випробувань на апарат повітряного охолодження.

Апарат вважається прийнятим в експлуатацію після підписання акту з боку представників монтажно-організації та замовника.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

Для підвищення витрат теплоти в навколишнє середовище, а тим самим зменшення витрат на охолодження повітря в повітряному холодильнику, трубопровід гарячого повітря експлуатувати без теплоізоляції.

Оптимальний режим роботи повітряного холодильника забезпечується підтриманням заданих температур, витрат і тисків.

Для безперебійної роботи устаткування необхідний: достатній резерв основного й допоміжного інструменту й дотримання правил технічної експлуатації, своєчасного виконання планово-попереджувальних ремонтів устаткування й наявність запасних частин для вузлів і деталей, які швидко зношуються.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

7. Рівень стандартизації та уніфікації

Використання стандартних та уніфікованих деталей зменшує витрати, пов'язані з підготовкою виробництва, сприяє зростанню продуктивності виробництва. Рівень стандартизації та уніфікації оцінюється відповідними коефіцієнтами.

Розраховуємо для розділюючої колони:

Коефіцієнт стандартизації K_c згідно визначається:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{5128}{11243} = 0,45,$$

де $n_c = 5128$ – кількість стандартних деталей в апараті;

$N = 11243$ – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації K_y визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{5128 + 732}{11243} = 0,52,$$

де $n_3 = 732$ – кількість уніфікованих деталей в апараті.

Розраховуємо для нагрівача:

Коефіцієнт стандартизації K_c згідно визначається:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{2142}{4327} = 0,49,$$

де $n_c = 2142$ – кількість стандартних деталей в апараті;

$N = 4327$ – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації K_y визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{2142 + 246}{4327} = 0,59,$$

де $n_3 = 246$ – кількість уніфікованих деталей в апараті.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

8. Розробка стартап-проекту

8.1. Опис ідеї проекту

Розділ зроблено за допомогою методик наведених в [36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44].

Теплообмінники застосовуються у всьому світі, де необхідно нагріти або охолоджувати будь-яку рідку середовище. Широке застосування теплообмінники отримали в промисловості та сільському господарстві. Теплообмінники використовуються в системах опалення виробничих приміщень. В промисловості встановлюються для різного роду технологічних процесів.

Нагрівач – це апарат, який складається з пучка труб на внутрішній поверхні, яких встановлені голки (конус), герметично закріплених в трубних решітках, а потім вмонтованого в корпус.

Таблиця 8. 1 – Опис ідеї стартап–проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити нагрівач з голками у вигляді конуса на внутрішній поверхні труб	Виготовлення нагрівача з кращими експлуатаційними параметрами з можливістю подальшої комерціалізації у наступних галузях промисловості: харчової, целюлозно-паперової, хімічної тощо.	Підвищення продуктивності за рахунок теплопередачі
		Надійності у використанні обладнання
		Просте обслуговування
	Застосування кращого нагрівача можливо переобладнання вживаних нагрівачів, а також виготовлення нових	Підвищення енергоефективності проведення процесу Зменшення витрат на придбання обладнання та його ремонту

На даний момент вже розроблена модернізація обладнання (модернізація нагрівача з голками (конус) на внутрішній поверхні труб). Ми гарантуємо ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень застосуванням систем комп'ютерного проектування. Також, проект передбачає допомогу в впровадженні інновацій, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодження нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженими інноваціями в обладнанні.

Нагрівач складається з: циліндричної обичайки-кожуха, до якої з двох сторін приварені трубні решітки. В трубних решітках щільно закріплено труби. До кожуха за допомогою фланців приєднані болтами кришки (камери). Ущільнення досягається установкою прокладок. Для вводу та виводу теплоносіїв до кожуха і кришок приварені патрубки. Щільність з'єднання труб з трубою решіткою забезпечується розвальцьовкою.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

Визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї такі як:

1. Вартість теплообмінника, грн;
2. Енергозатрати теплоносія, кг/с;
3. Продуктивність, кг/год;
4. Вихід бракованої продукції, кг/год;
5. Площа поверхні теплопередачі, m^2

Визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів–замінників чи товарів–аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

Основними конкурентами в даний галузі є виробник теплоенергетичного обладнання ОПЕКС Енергосистеми (OPEKS Energysystems) (Україна), виробник теплообмінного обладнання Трантер (Tranter) (США), виробник теплообмінного обладнання Свеп (Swep) (Словачія), Корпорація «Теплообмен сервис» (Росія), Корпорація «Енерго Дизайн» (Росія), ТОВ "Afok" (Україна), Корпорація по виготовленню теплообмінного обладнання «TERMOPROM» (США), Корпорація по виготовленню теплообмінного обладнання «Patriot-nrg» (США), Корпорація по виготовленню теплообмінного обладнання «Kelvion» (США).

Проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Вартість теплообмінника, грн	15000	28000	25000	32000	-	-	+
Енергозатрати теплоносія, кг/с	0,96	1,7	1,5	2,1	-	+	-
Продуктивність, кг/год	87,6	100	77	120	-	+	-
Вихід бракованої продукції, кг/год	1,02	3,3	2,4	2,7	-	-	+
Площа поверхні теплопередачі, m^2	197	159	150	143	-	-	+

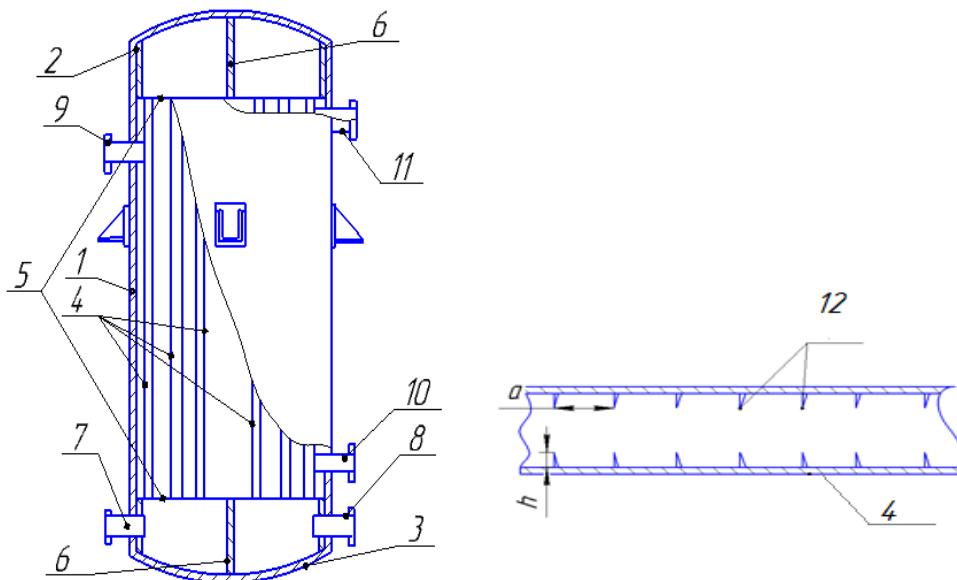
Перевага над конкурентами є: отримання високих результатів, а саме низька вартість нагрівача, малі енерговитрати та велика площа теплопередачі, за короткий термін роботи модернізації. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та безпека вироблених виробів. Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі. Також одним з основних напрямків діяльності проекту є: створення кращих робочих умов для працівників та їх безпеки при роботі.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Нагрівачі застосовують у промисловості, побуті, сільському господарстві. Теплоносіями можуть бути газ, пара, рідина або тверде тіло.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики.

Конструкцію нагрівача наведено на рисунку.8.1.



- 1 – циліндричний кожух; 2 – кришка; 3 – днище; 4 – теплообмінні трубки;
 5 – трубна решітка; 6 – перегородка; 7,8,9,10,11 – штуцери підводу та відведення;
 9 – штуцер; 12 – голки на внутрішній поверхні труби.

Рисунок 8.1 – Конструкція нагрівача

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		122

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

Елементи нагрівача виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь. Нагрівач повинен витримувати значні навантаження.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Підвищення продуктивності за рахунок теплопередачі	Модернізована конструкція теплообмінних труб	На даний момент відомо багато конструкцій нагрівачів, однак процес теплопередачі можна зробити ефективнішим за рахунок голок.	Література для вивчення процесу теплопередачі представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
Підвищення енергоефективності	Додаткова модернізована нагрівача, нова технологічна лінія виробництва нагрівачів	Наявні, відомі конструкції модернізують ся за рахунок збільшення площі теплообміну	На ринку представлено багатьма виробниками теплообмінного обладнання
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту:</p> <p>Нова конструкція теплообмінних труб, які покращують нагрівач за багатьма критеріями.</p>			

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим. Підприємства на фоні енергозбереження потребують нового інноваційного обладнання.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяють спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

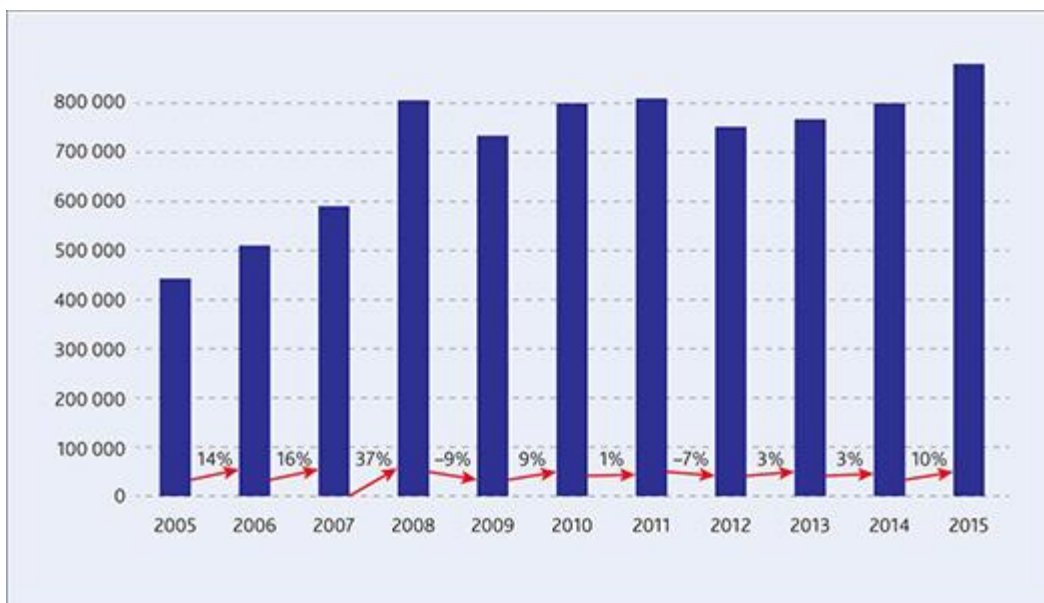
Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 8.4).

Теплове обладнання в даний час представляють собою бурхливо розвивається сегмент ринку. Це обумовлено їх високою енергоефективністю і, як наслідок, значним зниженням експлуатаційних витрат. Причому з кожним роком технології удосконалюються.

Кількість встановлених теплового обладнання в Європі наближається до 10 мільйонам. В Україні, за найсміливішими оцінками, мова йде про тисячі одиниць обладнання, хоча ринок насичений різними системами європейських, американських, китайських, українських виробників. Основними факторами, що стримують зростання ринку теплового обладнання (навіть якщо не брати до уваги кліматичні умови), є відносно невисока вартість експлуатації газового магістрального обладнання, відсутність програм підтримки та субсидування кінцевого споживача теплового обладнання. Також мають місце мала інформованість потенційних споживачів і деяка недовіра до даних систем.

Динаміка ринку продажу теплового обладнання представлена на графіку 8.1.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		



Графік 8.1 – Статистика продажу теплового обладнання

Таким чином, сьогодні основний український споживач теплового обладнання, будь то приватне домоволодіння або більший об'єкт, - це споживач, поставлений в такі умови, що вибір теплового обладнання є, по суті, практично єдиним варіантом вирішення проблеми опалення / гарячого водопостачання. Але зростання тарифів і висока вартість підключення газу все частіше підштовхують споживача звернути увагу на теплове обладнання.

Основними конкурентами в даній галузі є виробник теплоенергетичного обладнання ОПЕКС Енергосистеми (OPEKS Energysystems) (Україна), виробник теплообмінного обладнання Трантер (Tranter) (США), виробник теплообмінного обладнання Свеп (Swep) (Словачія), Корпорація «Теплообмен сервис» (Росія), Корпорація «Енерго Дизайн» (Росія), ТОВ "Afok" (Україна).

Основні виробники теплообмінного обладнання в Україні: Торгівельний дім Аллтан, ЕКО EIR, Техінсервіс, ТОВ "Afok".

Корпорація «TERMOPROM» (США), Корпорація «Patriot-nrg» (США), Корпорація «Kelvion» (США).

В таблиці 8.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців в Україні, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	600
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в енергоефективних нагрівачах, потреба в підвищенні теплопередачі в апаратах.	Компанії, що виготовляють теплообмінні апарати, машинобудівельні компанії тощо.	1)ДСТУ, ГОСТ, ISO 2)Доступна ціна в порівнянні з аналогами	- до продукції: енергоефективні апарати та відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності; - до компанії-постачальника: швидке постачання, сервісне обслуговування.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності.

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап-проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап-проекту відносяться природні, політико–правові, соціально–культурні, економічні, науково–технічні і демографічного середовища.

Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3
<p>Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність» . «Законои України про ліцензування певних видів господарської діяльності».</p> <p>Зсув стратегічного курсу країни з промислового сектору в агропромисловість</p> <p>Нестабільна конфліктна ситуація в Україні на Сході</p>	<p>Вплив на працеспроможність проекту, купівлю/продаж товару необхідного для товару.</p> <p>Підтримка держави нових підприємців – недостатня.</p> <p>Дорога ліцензія на діяльність,</p> <p>Зменшення кількості клієнтів в Україні</p> <p>Погіршення ситуації з опаленням</p>	<p>Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту</p> <p>Шукати клієнтів у агросекторі</p> <p>Шукати клієнтів закордоном Для українських клієнтів підкреслювати енергоефективність наших теплообмінників</p>

Продовження таблиці 8.6

1	2	3
Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали Складний стан економіки України	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару у клієнтів немає грошей	Підвищення/пониження ціни на продукт Пропонувати клієнтам в Україні нагрівачі в кредит. Виходити на закордонні ринки
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Невідповідність технологій споживчих та послуг науково-технічному розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.
Соціально- культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Пошук нових клієнтів для виробництва нагрівача у тому числі закордоном
	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні зазстаріла конструкції теплообмінного обладнання Невідповідність продукції наших споживачів та наших послуг науково-технічному розвитку галузі, створення нових апаратів	Поява нової технології виробництва нагрівачів.	Розробка нового обладнання та конструкцій теплообмінних труб. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Розвиток машинобудівної галузі	Збільшення населення, покращується попит на продукцію	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Високий інтелектуальний потенціал компанії	Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг	Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: олігополія	Невелика кількість конкуруючих фірм, при цьому хоча б одна або дві з них, виробляють значну долю продукції даної галузі.	Пропозиція унікального продукту на ринку, який дозволить знизити високий бар'єр входу на ринок.
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Забезпечення конкурентоспроможності і на світовому ринку	Пропозиція продукту з урахуванням вимог до наслідків його реалізації місцевих громад
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Теплообмінні апарати використовують для різногалузевих виробництв та процесів.	Створення удосконаленого теплообмінного обладнання, яке спрямоване на зниження енергозатрат.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Зосередження конкурентоспроможності на якості товару	Постійний моніторинг ринку щодо появи продуктів(технологій) замінників
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Технічні переваги, впровадження нововведень, найефективніші методи збуту товару	Зосередження конкурентоспроможності на якості товару, наданні додаткових послуг та збільшення асортименту
6. За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Основні компанії, що виготовляють теплообмінні апарати: «Tranter» «Теплообмен сервис», «OPEKSEnergysystems».	Недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторські	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	-високі ціни на товари ; -не якісні послуги; - безінноваційність.	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага –, тісне спілкування з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Вхід на ринок можливий. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови.	Клієнту завжди необхідне: Конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інновацій-не	Мінімальне обмеження через товари-замінники.

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 8.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 8) та факторів маркетингового середовища (таблиці 8.6, 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є енергоефективність теплообмінного обладнання.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість знижується.
Технології	Впровадження модернізованої поверхні труб теплообмінника не було застосовано в цьому напрямку раніше.
Сервісне обслуговування	Акцент на подальшій співпраці з існуючим клієнтами.
Можливість виходу на закордонний ринок	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	3
Ціна	15			◇	△	□		
Технології	12	◇	△		□			
Сервісне обслуговування	7		△		□	◇		
Можливість виходу на закордонний ринок	0		◇	□	△			

* □ – «Tranter»

△ – «Теплообмен сервис»,

◇ – «OPEKSEnergysystems».

Сильні сторони проекту: ціна; технологія та сервісне обслуговування.

Слабкі сторони проекту: важко вийти на закордонний ринок

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.12.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Таблиця 8.12 – SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Низька вартість впровадження проекту. - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малих габаритів, енергоефективності. - Підвищення продуктивності розробок за рахунок співробітників. - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах 	<ul style="list-style-type: none"> - Низька дохідність проекту. - Не відповідність проекту сучасним тенденціям в галузі. - Невеликий асортимент продукції, що виготовляється (початковий рівень). - Недостатній рівень фінансування
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Можливість виходу на закордонний ринок - Сучасні технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Універсальність застосування модернізованого обладнання 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява сучаснішого обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування української промисловості, відсутність інвесторів, недостатня підтримка державою нових підприємців - Недостатність клієнтів, що можуть дозволити собі оновлення систем - Зміна населення.

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.13.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Виготовлення модернізованих нагрівачів, які можна застосовувати в будь-яких галузях промисловості	Високий	10 місяців
Модернізація вже застарілих нагрівачів .	Достатня	1 рік
Обслуговування нагрівачів	Достатня	1 рік

Після аналізу зазначити обираємо альтернативу виготовлення модернізованих нагрівачів, які можна застосовувати в будь-яких галузях промисловості.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в таблиці 8.14.

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Приватні компанії	85%	78%	Попит залежить від розміру компанії та фінансового стану	Високі бар'єри входу на ринок
Державний сектор	58%	47%	Достатня конкуренція,	
Обрано наступні цільові групи: приватні підприємства				

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо приватні компанії і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу, який зосереджується на певному сегменті ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Захисні дії, наслідування лідера	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця. 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Ні	Треба починати з клієнтів, не зациклених на відомому бренді, тих, хто готовий експериментувати.	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.16). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект.

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументована ціна. 2. Необхідна якість	Концентрований маркетинг	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах	1. Висока якість та надійність. 2. Тривалі контракти.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Висока актуальність теплообмінного обладнання у різних галузях	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Сучасні технології - Підвищення продуктивності процесу та якості товару
Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Сучасна конструкція нагрівача
Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Сучасна конструкція нагрівача

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його

надання. Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Зменшення енерговитрат, матеріальних та людських ресурсів на виробництво нагрівачів.		
	Вирішення проблем пов'язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Теплообмінне обладнання, особливістю яких є використання модернізованих теплообмінних труб.	+ / +	- / + / + / - / -
	1. Надійність		
	2. Енерго-ресурсозбереження та		
	3. Доступна ціна		
	4. Інноваційність технології		
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
Пакування– відсутнє			
Марка: назва організації-розробника + назва товару			
III. Товар із підкріпленням	До продажу : <ul style="list-style-type: none">• підписання довготривалого контракту;• доставка;• різні способи оплати;		
	Після продажу: <ul style="list-style-type: none">• Гарантія якості продукції		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання. Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв'язку проблеми.			

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						140
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

Таблиця 8.20– Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
10000-95000 грн.	30000-100000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	3000-7000 грн/1 консультація, в онлайнні безкоштовно.
Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи.	Розробка нового обладнання	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання:	Нижня: 3200 грн

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21).

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
В роздріб	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога в введення експлуатацію Допомога при запуску	Дворівневий - між виробником покупцем послідовно існують оптовий роздрібний продавці	Власна система збуту через інтернет і домовленість про подальшу співпрацю
Консультування при виникненні питань та пропозицій	Виконання робіт та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці
Закупівля оптом	Швидкість перевезення до клієнта, малі енергозатрати.	Нульового рівня виробник сам продає товар кінцевому споживачеві, прямі канали розподілу	Через інтернет

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги .

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Розв’язок проблем діяльності в	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв’язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас»
Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в

межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6. Висновки

В процесі розробки стартап-проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту виготовлення нагрівача з голками у вигляді конуса на внутрішній поверхні труб. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою енергоефективності обладнання.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як малі, середні підприємства, що займаються виготовленням нагрівачів та суміжні підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						144
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Висновок

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему «Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача» було модернізовано установки очистки коксових газів.

Виконано параметричні розрахунки розділюючої колони та нагрівача, розрахунки на міцність основних вузлів та деталей конструкцій, розрахунки штуцерів, опор. Для перевірного розрахунку товщини корпусу виконана програма на алгоритмічній мові Mathcad.

Виконано модернізацію апаратів, що направлена на підвищення продуктивності в порівнянні з аналогами, підвищення надійності основних вузлів та приведення до відповідності конструкторським стандартам. Підвищення ефективності роботи нагрівача реалізоване за допомогою удосконалення конструкції, що підвищує ефективність теплообміну (Заявка на корисну модель u201804529).

Наведено технологію виготовлення ковпачка.

З метою забезпечення вимог охорони праці та екологічної безпеки, розроблено комплекс заходів, які підтверджені відповідними розрахунками.

Графічна частина дипломного проекту виконана із застосуванням програми «КОМПАС» і містить 9 аркушів формату А1 та 2 аркуша А3, до складальних креслень виконана специфікація. Розроблено стартап-проект запропонованої модернізації.

За результатами дисертаційної роботи подано заявка на корисну модель України, результати опрелюднено на 3 міжнародних конференціях, та опубліковано статтю у фаховому журналі.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						145
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Выводи

В магистерской диссертации по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему «Модернизация установки очистки коксовых газов с разработкой разделительной колонны и нагревателя» был модернизирован установки очистки коксовых газов.

Выполнен параметрические расчеты разделительной колонны и нагревателя, расчеты на прочность основных узлов и деталей конструкций, расчеты штуцеров, опор. Для проверочного расчета толщины корпуса выполнена программа на алгоритмическом языке Mathcad.

Виконано модернизацию аппаратов, направленной на повышение производительности по сравнению с аналогами, повышение надежности основных узлов и приведение в соответствие конструкторским стандартам. Повышение эффективности работы нагревателя реализовано с помощью усовершенствования конструкции, повышает эффективность теплообмена (заявка на полезную модель u201804529).

Приведены технологии изготовления колпачка.

С целью обеспечения требований охраны труда и экологической безопасности, разработан комплекс мероприятий, которые подтверждены соответствующими расчетами.

Графическая часть дипломного проекта выполнена с применением программы «КОМПАС» и содержит 9 листов формата А1 и 2 листа А3, в сборочных чертежах выполнена спецификация. Розроблено стартап-проект предложенной модернизации.

По результатам диссертационной работы представлены заявка на полезную модель Украины, результаты опрелюднено на 3 международных конференциях и опубликована статья в фаховому журнале.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						146
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Conclusion

In the Master's theses on the topic "Modernization of the installation of coke gas purification plant with the development of a separating column and heater", based on the review of literature sources and patent search, the method and design of the apparatus for the treatment of coke gas plant purification were substantiated.

The parametric calculations of the separating column and the heater, calculations on the strength of the main units and structural details, calculations of the joints, supports are carried out. To test the calculation of the thickness of the body, a program is implemented in the algorithmic language Mathcad.

The virtualization of the devices is aimed at increasing productivity in comparison with analogues, increasing the reliability of the main units and bringing them in line with design standards. Improvement of the heater's efficiency is realized through the improvement of the design, which increases the efficiency of heat transfer (Application for utility model u201804529).

The technology of manufacture of a cap is given.

In order to meet the requirements of labor protection and environmental safety, a set of measures has been developed, which are confirmed by the relevant calculations.

The graphic part of the Master's theses is executed using the program "KOMPAS" and contains 9 sheets of A1 format and 2 sheet of A2, to the assembly drawings the specification is executed.

Based on the findings of the Master's thesis, 1 Declarative patent of Ukraine has been obtained on a useful model, the results have been presented at 3 international conferences, and the article in the professional journal has been published.

					ЛН71МП.065111.000 ПЗ	Арк.
						147
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

Перелік посилань

1. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Изд. 2-е, пер. И доп. Л., «Химия», 1974.
2. Андреев І.А., Зубрій О.Г., Мікульонок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
3. Ректифікаційна колона. Патент №124246(UA) Нурадінов Ібрагім Абдійович (UA), Степанюк Андрій Романович (UA)
4. Колона ректифікаційна з ковпачковими тарілками. Патент №114294 Денисенко Владислав Русланович (UA), Степанюк Андрій Романович (UA)
5. Ректифікаційна колона з керованими циклами. Патент №116565 Булій Юрій Володимирович (UA), Дмитрук Аркадій Павлович (UA), Дмитрук Павло Аркадійович (UA)
6. Patent No.:US 8944418B2, Masstransfer column, Int.Darran M.H.,David R. Ewy, Gary W. Gage,
7. Patent No.:US 2018/0318727A1, Column for heat or mass exchanger, G. Perdu, C. Salais, V. Carlier.
8. Перехресний кожухотрубний теплообмінник. Патент № 116787 Ревтов Олексій Олександрович (UA), Костик Сергій Ігорович (UA), Шибецький Владислав Юрійович (UA), Поводзинський Вадим Миколайович (UA).
9. Вертикальний кожухотрубний теплообмінник. Патент № 115492 Осадчий Василь Олександрович (UA)
- 10.Кожухотрубний теплообмінник. Патент № 124282 Шиховцев Євгеній Романович (UA), Степанюк Андрій Романович (UA)
- 11.Patent No.: DE 102017208324A1.
- 12.Patent No.:US 2018/0304339A1, Heat exchanger. Naohiro Ito, Selichi Muto

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						148
Змн.	Арк.	№ док.	Піліпис	Лат		

- 13.Коробчанский И. Е., Кузнецов М. Д. Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования. - М.: Metallurgizdat, 1952. – 286 с.
- 14.Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
- 15.Машины и аппараты химических производств /Под ред. И. И. Чернобыльского. – 3е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
- 16.Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970. – 382 с.
- 17.Зубрий О.Г. Алгоритм расчета колонных аппаратов. Методические указания к применению ЭВМ по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств» для студентов всех форм обучения / В.Т.Миргородский, О.Г.Зубрий, В.Л.Кочеров. – Киев: КПИ, 1986. – 36с.
- 18.Машины и аппараты химических производств. Под ред. д-ра техн.наук. проф. И.И. Чернобыльского. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974, 456 с. Авт.,: И.И. Чернобыльский, А.Г. Бондаов, Б.А. Гаевский, С.А. Городинская, Р.Я. Ладиев, Ю.М. Тананайко, В.Т. Миргородский.
- 19.И. Е. Идельчик Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик – М.: Книга по Требованию, 2012. – 466 с.
- 20.Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия. 1991. – 496 ст.
- 21.Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии., - М.: «Химия», 1972. – 493 стр.
22. Михалев М. Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. – Л.: Машиностроение, 1984. 301с., ил.
- 23.Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень: Навч. Посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1995. – 184 с.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						149
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

- 24.Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда и окружающей среды” в дипломном проектировании для студентов химико–машиностроительных специальностей. Составители: И. А. Фоменко, И.Н. Ковтун, Киев: КПИ, 1990. – 24 с.
- 25.Кодекс законів про працю України (КЗпПУ), редакція кодексу від 25.07.2018.
- 26.ДБН В 2.5.28 – 2006 Природне і штучне освітлення
- 27.ДСН 3.36.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
- 28.ДСН 3.36.039 – 99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
- 29.ГОСТ 12.4.002-74 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту рук від вібрації. Загальні технічні вимоги
- 30.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
- 31.ОНТП24-86 Визначення категорій приміщень і будинків по вибухопожежної і пожежної небезпеки
- 32.СНиП 2.01.02-85 Протипожежні норми
- 33.ДБН В.2.5-13-98 Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд
- 34.СНиП 2.09.02-85 Виробничі будівлі
- 35.Мікульонюк І. О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 419 с.: іл. – Бібліогр.: с. 413–415
- 36.Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
37. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU);

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						150
Змн.	Арк.	№ локум.	Підпис	Лат		

Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

38. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on 'the Four-Dimensional Thinking' in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3'2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.
39. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20seminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20seminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).
40. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>
41. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.
42. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						151
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

43. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.
44. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

Додаток А

Технологія виготовлення ковпачка розділюючої колони

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						153
Змн.	Арк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

					ЛН71мп.066635.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					КПІ ім. І.Сікорського, ІХФ, МАХНВ			
Пров.	Двойнос Я.Г.							
Реценз.								
Н. контр.								
Утв.								
					Лит.	Лист	Листов	
						1/153	15	

Вступ

Мета даного розділу диплому – розробка технологічного процесу механічної обробки деталі – ковпачка та проектування одного з верстатних пристроїв.

В ході роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити технологічний процес виготовлення деталі – ковпачка та вибрати метод отримання заготовки. Вибрати обладнання та інструмент для кожної операції технологічного процесу, розрахувати міжопераційні припуски, режими різання та норми часу для виконання операцій,

спроектувати верстатне пристосування – штамп для вирубки заготовки ковпачка.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						154
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

А.1 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Ковпачок виготовляємо із заготовки, яка має габаритами $\varnothing 271 \times 2$.

Матеріал виготовлення деталі – корозійностійка та жароміцна сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72 задовольняє всім пред'явленим вимогам та забезпечує добру працездатність деталі у виробі.

Головним при виборі методу отримання заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості.

Заготовки в машинобудуванні можуть бути отримані такими методами: литтям, куванням, пресуванням, штампуванням, з прокату, комбінованими методами.

Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами і розмірами деталі та об'ємом виробництва.

Виходячи з властивостей матеріалу заготовка ковпачка виготовляється з листового прокату. Лист правлять на листопрямильній машині, потім ріжуть ножицями на певного розміру шматки. Далі подають на прес для вирубки заготовки, після чого заготовку витягують необхідну кількість разів у штампах для витяжки ковпачків.

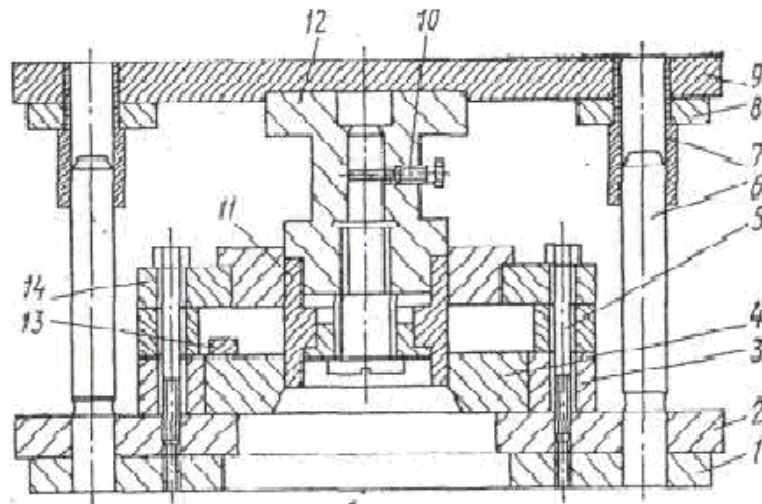
А.1.1 Призначення, умови роботи ковпачка у розділюючій колоні

Ковпачок знаходиться в рідкому середовищі при температурі $T=337$ К. Тиск на ковпачок $p=0,1$ МПа. Для запобігання порушень працездатності ковпачків, у ректифікаційній колоні передбачені спеціальні технічні заходи для регулювання тису та температури.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						155
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

А.1.2 Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Ковпачки виготовляють за декілька переходів. Заготовка ковпачка вирубуеться в штампі, зображеному на рисунку А.1



1 – плита преса, 2 – нижня плита штампа, 3 – матрицетримач,
4 – матриця, 5 – гвинт, 6 – колонка, 7 – втулка, 8 – планка, 9 – верхня плита
штампа, 10 – болт, 11 – пуансон, 12 – пуансонотримач,
13 – упор, 14 – планка-знімач.

Рисунок А.1 – Штмп для вирубк заготовки ковпачка.

Нижню плиту 2 штампа кріплять болтами до нижньої плити преса 1. До нижньої плити штампа за допомогою матрицетримача 3 кріплять матрицю 4, а до верхньої плити болтами — пуансонотримач 12 з пуансоном 11. Для збігу осей пуансона і матриці, що забезпечує рівномірність зазору при вирубці, передбачені напрямні стовпчики 6 і втулки 7. Смуга-заготівка подається до упору 13 і направляється з бічних сторін двома планками. Переміщенням пуансона 11 донизу вирубуеться кругла заготівка ковпачка. При зворотньому ході вгору планка-знімач знімає висічку з пуансона. Для чергової вирубк смуга піднімається і подається на крок вперед до упору.

Знаходимо діаметр заготовки. Головним правилом при витяжці заготовки є рівність об'єму заготовки і готової деталі, так як в процесі пластичної деформації об'єм металу залишається незмінним.

При витяжці без потоншення товщини стінок зміною товщини матеріалу найчастіше зневажають і визначення розміру заготовки виконують за рівністю площ поверхонь заготовки і готової деталі з припуском на зріз.

Діаметр заготовки:

$$D_{\text{заг}} = \sqrt{D^2 + 4Dh} = \sqrt{150^2 + 4 \cdot 150 \cdot 85} = 0,2711 \text{ м},$$

де $D = 0,150$ м – заданий діаметр ковпачка;

$h = 0,085$ м – задана висота ковпачка.

Приймаємо:

$$D_{\text{заг}} = 0,2711 \text{ м.}$$

Ескіз заготовки наведено на рисунку А.2.

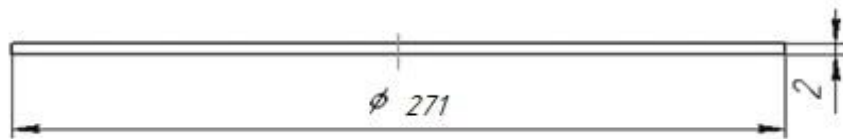


Рисунок А.2 – Ескіз заготовки

Радіус заготовки, м:

$$R_{\text{заг}} = \frac{D_{\text{заг}}}{2} = \frac{0,2711}{2} = 0,1355.$$

Радіус деталі, м:

$$R_{\text{дет}} = \frac{D_{\text{дет}}}{2} = \frac{0,150}{2} = 0,075.$$

Перевіримо вірність знайденого діаметра заготовки порівнюючи об'єми заготовки та готової деталі:

$$V_{\text{заг}} = \pi R_{\text{заг}}^2 S_{\text{заг}} = 3,14 \cdot 0,1355^2 \cdot 0,002 = 11,536 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3;$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						157
Змн	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

$$V_{\text{дет}} = \pi R_{\text{дет}}^2 S + \pi D_{\text{дет}} S (H_{\text{дет}} - S) = 3,14 \cdot 0,075^2 \cdot 0,002 + 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,002 \cdot (0,085 - 0,002) = 11,36 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

де $H_{\text{заг}}$ – висота (товщина) заготовки, м;

$H_{\text{дет}}$ – висота деталі (зовнішньої та внутрішньої стінки), м.

Розрахунки проведено вірно, так як об'єм деталі має бути меншим за об'єм заготовки, бо частина йде на обріз припуску, так як ковпачок вийде нерівним з торців.

А.1.3 Визначимо кількість операцій витяжки ковпачка

Коефіцієнти витяжки циліндричних деталей виражаються наступними співвідношеннями:

- для першої витяжки:

$$m_1 = \frac{d_1}{D},$$

де d_1 – зовнішній діаметр деталі після першої витяжки, м;

- для другої витяжки:

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1},$$

де d_2 – зовнішній діаметр деталі після другої витяжки, м;

- для наступних витяжок:

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}},$$

де d_n – зовнішній діаметр деталі після чергової витяжки, м.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						158
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

Встановивши правильну величину коефіцієнтів витяжки по операціям [1] знаходимо розміри наступних витяжок.

Перша операція витяжки:

Зовнішній діаметр деталі виходячи з формули (А.1), м:

$$d_1 = m_1 D_{\text{зар}} = 0,8 \cdot 0,271 = 0,2168,$$

Висота деталі при після першої витяжці, м:

$$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right) = 0,25 \left(\frac{0,271}{0,8} - 0,2168 \right) = 0,030.$$

Друга операція витяжки:

зовнішній діаметр деталі, м:

$$d_2 = 0,150 \text{ (задано).}$$

Тоді за формулою (А.2):

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{0,150}{0,2168} = 0,69.$$

Висота деталі при після другої витяжці, м

$$h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) = 0,25 \left(\frac{0,271}{0,8 \cdot 0,69} - 0,150 \right) = 0,0873.$$

Ковпачок ніколи не виходить рівним з торців. Тому необхідно врахувати припуск на обрізку. В нашому випадку припуск по висоті на обрізку 2,3 мм [2].

Результати отриманих розрахунків являються вихідними даними для проектування штампів, а також для розрахунку зусиль витяжки та вибору пресу.

Після того як зроблено підріз торця, ковпачок подають для пробивки отвору, після чого отвір відбортовують. Далі подають на штамп для вирубки прорізів в ковпачках.

В даній роботі надалі детальніше розглянемо штамп для першої витяжки ковпачків.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						159
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

А.1.4 Розрахунок зусиль витяжки

Зусилля витяжки змінюється на протязі робочого ходу пуансону. Розрахунок ведеться за [3]. Розглянемо операцію витяжки на першому етапі.

Зусилля витяжки [3], Н:

$$P_p = \frac{\pi d_1 S \sigma_b k}{100} = \frac{3,14 \cdot 0,2168 \cdot 0,002 \cdot 330 \cdot 10^6 \cdot 0,8}{100} = 3596,$$

де $S = 0,002$ м – товщина заготовки;

$k = 0,8$ – ступінь витяжки;

$\sigma_b = 330 \cdot 10^6$ МПа – межа міцності [3].

Розрахункове зусилля прижима [33], Н:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{0,25\pi \left[D_{\text{заг}}^2 - (d_1 + 2r_m)^2 \right] q}{10} = \\ &= \frac{0,25 \cdot 3,14 \left[0,271^2 - (0,2168 + 2 \cdot 0,008)^2 \right] 0,25 \cdot 10^6}{10} = \\ &= 377,8, \end{aligned}$$

де $r_m = 0,008$ м – радіус закруглення кромки витяжної матриці;

$q = 0,25 \cdot 10^6 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}$ – середній тиск прижиму.

Повне зусилля витяжки для пресів, Н:

$$P = P_p + Q = 3596 + 377,8 = 3973,8.$$

Визначення роботи витяжки та норм часу на обробку, кДж:

$$A = \frac{CP_{\text{max}} h_1}{1000} = \frac{0,7 \cdot 3596 \cdot 0,030}{1000} = 0,075.$$

Швидкість витяжки [3]. Приймаємо $V = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$.

Основний час витяжки, хв:

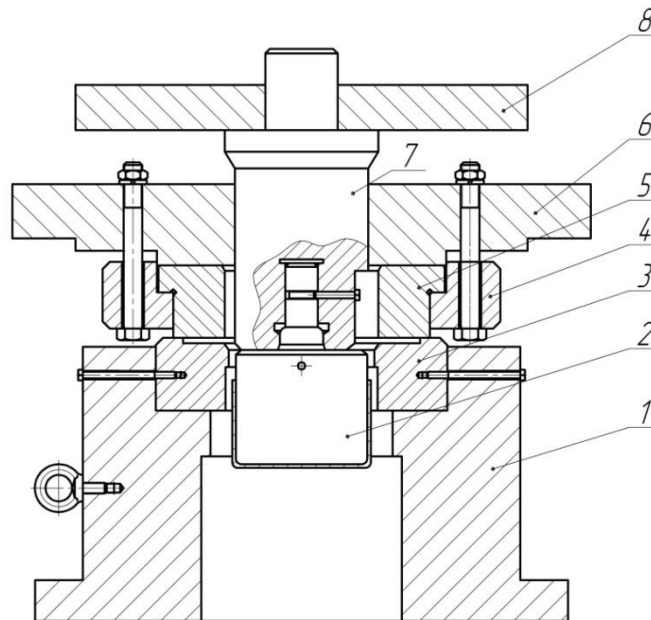
$$t = \frac{h_1}{V} = \frac{0,03}{0,2} = 0,15.$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						160
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

Розробка пристрою

Призначення, опис конструкції і робота пристрою

На рисунку А.3 зображено штамп для першої витяжки ковпачка.



1, 6, 8 – плити, 2 – пуансон, 3 – матриця, 4 – кільце, 5 – прижим, 7 – пуансонотримач.

Рисунок А.3 – Штамп для першої витяжки ковпачка

У нижній плиті 1 штамп закріплена болтами матриця 3. До верхньої плити 8 кріплять пуансонотримач 7 і пуансон 2. Плита 6 служить для кріплення прижиму 5 і кільця 4. Заготовку-диск перед витяжкою укладають на змазану машинним маслом матрицю. При русі повзуна преса вниз плита 6 із прижимом 5 опускається доти, доки не пригорне заготовку до матриці. Після цього пуансон 2, опускаючись, робить першу витяжку заготовки. При підйомі пуансона ковпачок упирається в кільцеве виточення матриці і знімається з пуансона, провалюючись донизу.

А.1.5 Розрахунок на міцність найбільш напружених деталей. Розрахунок пуансонів на міцність та жорсткість

Найчастіше поломки кінців пуансонів малого діаметра є наслідком недостатньої жорсткості пресу та пружної деформації його станини. Для подолання таких поломок необхідно відійти від правила вибору пресу точно за розрахунковими зусиллями і вибирати преси більшого номінального зусилля, але з більш жорсткою станиною.

Розрахунок опорної поверхні головки пуансона на зминання:

$$\sigma_3 = \frac{P}{F} = \frac{3973,8}{35,63} = 111,4 \text{ кПа},$$

де P – зусилля витяжки;

$$F = \frac{\pi D_{\text{вн.заг}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,213^2}{4} = 35,63 \text{ м}^2 \text{ – площа опорної поверхні головки пуансону,}$$

діаметр якої має дорівнювати внутрішньому діаметру заготовки після витяжки.

Якщо $\sigma_3 < 10 \text{ кПа}$, то необхідно використовувати стальну гартовану прокладку.

Розрахунок пуансону на стиск у перетині:

$$\sigma_3 = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{ст}},$$

де $\sigma_{\text{ст}} = 196 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на стиск для сталі 08.

Дивлячись на розрахунок $\sigma_3 = 111 \text{ кПа} \leq [\sigma]_{\text{ст}} = 196 \text{ МПа}$.

Умова виконується, отже обладнання вибрано вірно.

А.2 Розрахунок припусків на обробку торця ковпачка 85h7

Метою розрахунку є визначення міжопераційних припусків і допусків на обробку поверхні 85h7

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						162
Змн	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дат		

Поверхню одержуємо штампуванням на заготівельній операції.

Маршрут обробки містить у собі: точіння чорнове по $h10$ і точіння чистове по $h7$.

Розрахунок виконуємо відповідно до рекомендацій [4].

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо по формулі:

$$z_{\min i} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2},$$

де R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході,

h_{i-1} – глибина поверхневого дефектного шару на попередньому переході,

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході,

ε_i – похибка установки заготовки.

Мінімальні розрахункові припуски розраховуємо за формулою:

– чорнове точіння:

$$\begin{aligned} z_{\min I} &= R_{z0} + h_0 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 0}^2 + \varepsilon_I^2} = \\ &= 320 + 350 + \sqrt{800^2 + 500^2} = 1613 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

де $R_{z0} = 320$ мкм; $h_0 = 350$ мкм [4] – для листового штампування.

Сумарне відхилення розташування поверхні на переході виготовлення заготовки визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{\Delta_{\text{жол}}^2 + \Delta_{\text{зм}}^2} = \sqrt{0,63^2 + 0,5^2} = 0,8 \text{ мм},$$

де $\Delta_{\text{жол}}$ - для поковок товщиною від 50 до 120 мм виготовлених

штампуванням; $\Delta_{\text{жол}} = 0,63$ мм [4];

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						163
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

Δ_{3M} - для поковок товщиною від 50 до 120 мм виготовлених штампуванням;
 $\Delta_{3M} = 10 \text{ мм}$ [4].

– чистове точіння, мкм:

$$z_{\min 2} = R_{z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon_y^2} =$$

$$= (25 + 25 + \sqrt{48^2 + 0}) = 98 \text{ мкм},$$

де $R_{z1} = 25 \text{ мкм}$; $h_1 = 25 \text{ мкм}$ [4] – для штампованих поковок після механічної обробки для 10-11 квалітету.

Сумарне відхилення розташування поверхні після чорнової обробки:

$$\Delta_{\Sigma 1} = \Delta_{\Sigma 0} \cdot K_y = 0,8 \cdot 0,06 = 0,048 \text{ мм},$$

де $K_y = 0,06$ [19];

$\varepsilon_{y2} = 0$, (без переустановки) [4];.

Технологічні допуски:

$T_{\text{заг}} = 2 \text{ мм}$ (по кресленню заготовки);

$T_{\text{чорн}} = 0,3 \text{ мм}$ (7 квал.) ; $T_{\text{чист}} = 0,062 \text{ мм}$ (9 квал.) [4] – для розмірів заготовки від 80 до 120 мм.

Найменші граничні розміри:

$$d_{\min \text{чист}} = d_{\text{ном}} - ei = 85,3 - 0,3 = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{чорн.}} = d_{\min \text{чист.}} + z_{\min \text{чист.}} = 85 + 0,42 = 85,42 \text{ мм},$$

$$d_{\min \text{заг.}} = d_{\min \text{чорн.}} + z_{\min \text{чорн.}} = 85,42 + 0,38 = 85,8 \text{ мм}.$$

Округлені значення розмірів:

$$d_{\min \text{чист.}} = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{чорн.}} = 85,42 \text{ мм};$$

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						164
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

Продовження таблиці А.1

	Загот	овка	Чоно	ве	точін	ня	Чисто	ве	точін	ня
		320		25						
		350		25						
		800		48						
		500		0						
		'		380			420			
		85,8		85,42			85			
		1500		120			30			
		85,8		85,42			85			
		87,3		85,3			84,97			
0,8		'		0,38			0,42			
2,43		'		2,0			0,33			

В даному випадку визначаємо номінальний припуск з врахуванням симетричності розташування поля допуску заготовки.

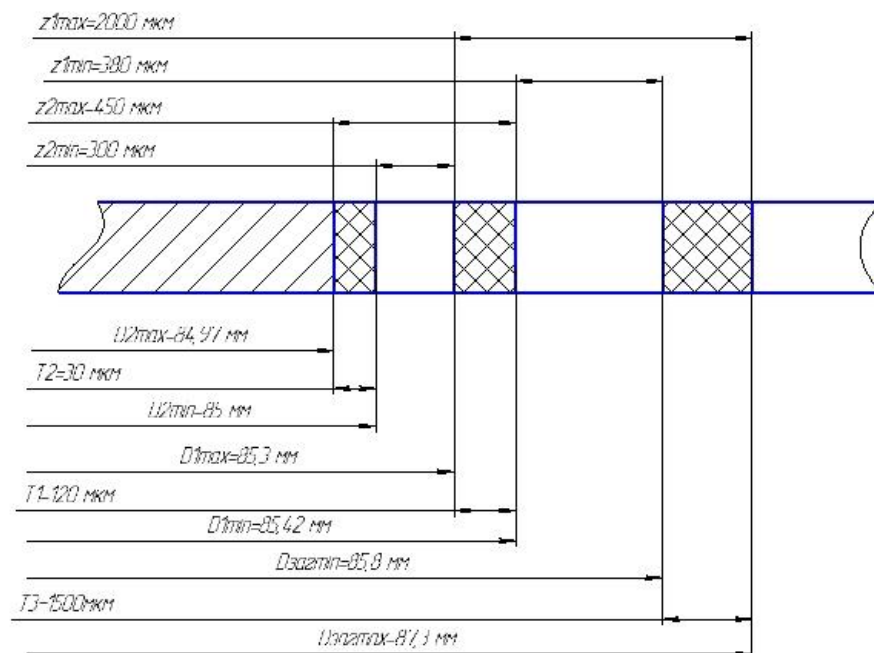


Рисунок А.4 – Графічний спосіб визначення розмірів при переходах
точіння торця ковпачка 85h7

А.2.1 Розрахунок режимів різання

1) Розточити поверхню торця 85h7.

Глибина різання: $t_{\text{чорн}} = 1,2 \text{ мм}$, подача $s_{\text{чорн}} = 0,6 \text{ мм/об}$ [5].

Період стійкості різця з врахуванням напівавтоматичного режиму різання станка приймаємо підвищену: $T = 90 \text{ хвилин}$.

Швидкість різання:

$$V_{\text{чорн}} = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot 60} \cdot K_V = \frac{620}{90^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,6^{0,2} \cdot 60} \cdot 0,42 = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 114 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де коефіцієнти C_V, x, y, m – табличні значення [5], для сталюого литва і різця з твердим сплавом: $C_V = 620$, $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,2$.

Коефіцієнт швидкості розраховується за формулою [5]:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r = 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,42,$$

де $K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

$K_{nv} = 0,65$ – коефіцієнт, який враховує стан обробленої поверхні;

$K_{uv} = 0,7$ – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучої частини інструмента;

$K_{\phi} = 0,97$ – коефіцієнт, який враховує кут у плані;

$K_r = 0,94$ – коефіцієнт, який враховує радіус ріжучої кромки інструменту.

Частота обертання:

$$n_{\text{чорн}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 60} = 605 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Кінцеве значення, яке приймаємо:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						167
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

$$n_{\text{чорн}} = 600 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

тоді

$$V_{\text{чорн}} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 600}{1000} = 113 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Хвилинна подача:

$$S_{\text{м}} = S \cdot n = 0,6 \cdot 600 = 360 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Сила різання:

$$P_{Z_{\text{чорн}}} = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,9^1 \cdot 0,36^{0,75} \cdot 113^{-0,15} \cdot 0,75 = 463 \text{ Н},$$

де C_p, x, y, n – табличні значення [5] для сталюого литва і різця з твердим сплавом : $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$.

Коефіцієнт K_p являє собою множення ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75,$$

де $K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p}$ – коефіцієнти, які враховують фактичні умови різання. Значення цих коефіцієнтів табличні [5].

Потужність різання:

$$N_{\text{чорн}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{463 \cdot 113}{1020 \cdot 60} = 855 \text{ Вт}.$$

А.2.2 Розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отвору Ø 18

Матеріал який оброблюється – сталь 08Х13.

Глибина різання:

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						168
Змн	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (18 - 0) = 9 \text{ мм},$$

де $D=18$ мм – діаметр отвору в деталі; $d=0$ мм – діаметр отвору в заготовці.

З подач, що рекомендуються призначаємо $S_0=1,2$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=45$ хв. [6].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$V_I = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} \cdot k_V = \frac{18 \cdot 18^{0,6}}{45^{0,25} \cdot 9^0 \cdot 1,2^{0,3}} \cdot 0,65 = 24,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_V = 18,0$; $q = 0,6$; $y = 0,3$; $m = 0,25$; $k_V = 0,65$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10C_M \cdot D^q \cdot t^x S^y \cdot k_P = 10 \cdot 0,09 \cdot 18^1 \cdot 9^{0,8} \cdot 1,2^{0,65} \cdot 0,76 = 80,3 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

Значення коефіцієнтів та показників степеня

$$C_M = 0,09; q = 1,0; y = 0,65;$$

k_P – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_P = 0,68$.

де n – частота обертання сверла:

$$n = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24,2}{3,14 \cdot 18} = 427,9 \text{ об/хв}$$

По станку підбираємо наближене значення $n_\phi = 430$ об/хв тоді фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 430}{1000} = 24,3 \text{ м/хв}.$$

Потужність різання:

$$N_C = \frac{M_{об} \cdot n_\phi}{9750} = \frac{80,3 \cdot 430}{9750} = 3,5 \text{ кВт}.$$

По паспортним даним, потужність станка $N_{кр}=4$ кВт.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						169
Змн	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

Приймаємо наступні значення: $t=9$ мм, $S_0=1,2$ мм/об, $n_\phi = 430$ об/хв, $V_\phi = 25$ м/хв, $N = 4$ кВт.

Хвилинна подача $S_{XB} = 1,2 \cdot 430 = 516$ мм/хв.

А.2.3 Розрахунок норми часу на розсвердлення отвору Ø18

Штучно – калькуляційний (основний) час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{BP} + l_{ПЕР}}{S_{XB}} = \frac{2 + 3 + 0}{984} = 0,005 \text{ хв.}$$

де $l = 2$ мм – довжина поверхні, яка оброблюється;

$l_{BP} = 3$ мм – довжина врізання;

$l_{ПЕР} = 0$ – довжина перебігу інструменту.

Норми допоміжного часу визначені з довідників або за нормативами і зведені в таблицю А.2.

Таблиця А.2 Норми допоміжного часу

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку	0,4
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,1
Всього		0,59

Для одного отвору: $T_{ц.к.} = 0,005 + 0,59 = 0,6$ хв.

Висновки

1. Розроблено технологічний процес виготовлення ковпачка.
2. Проаналізовано службове призначення деталі і умови її роботи у вузлі.
3. Обрано і обґрунтовано заготовку.
4. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі.
5. Розраховано зусилля витяжки.
6. Розраховано припуски на обробку торця.
7. Розраховано режими різання торця та розсвердлювання отвору.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						171
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Перелік посилань

1. Методические указания к расчету припусков по дисциплине "Технология машиностроения" для студентов специальности 0501/ Сост. В.В. Душинский и др.- К.: КПИ, 1986. -72 с.

2. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ Косилова А.Г., Мерещяков Р.К., Калинин М.А. – М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.

3. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти ступеня "магістр" спеціальності 133 Галузеве машинобудування, спеціалізація Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв з дисципліни "Технологія виготовлення та монтаж обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв": [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. Двойнос Я.Г. – Київ: НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017. – 34 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. – Т. 2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 495 с.

6. Станочные приспособления: справочник. Е. 1 / под ред. Б.И. Вардашкина и А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 591 с.

7. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков // М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – 656 с.

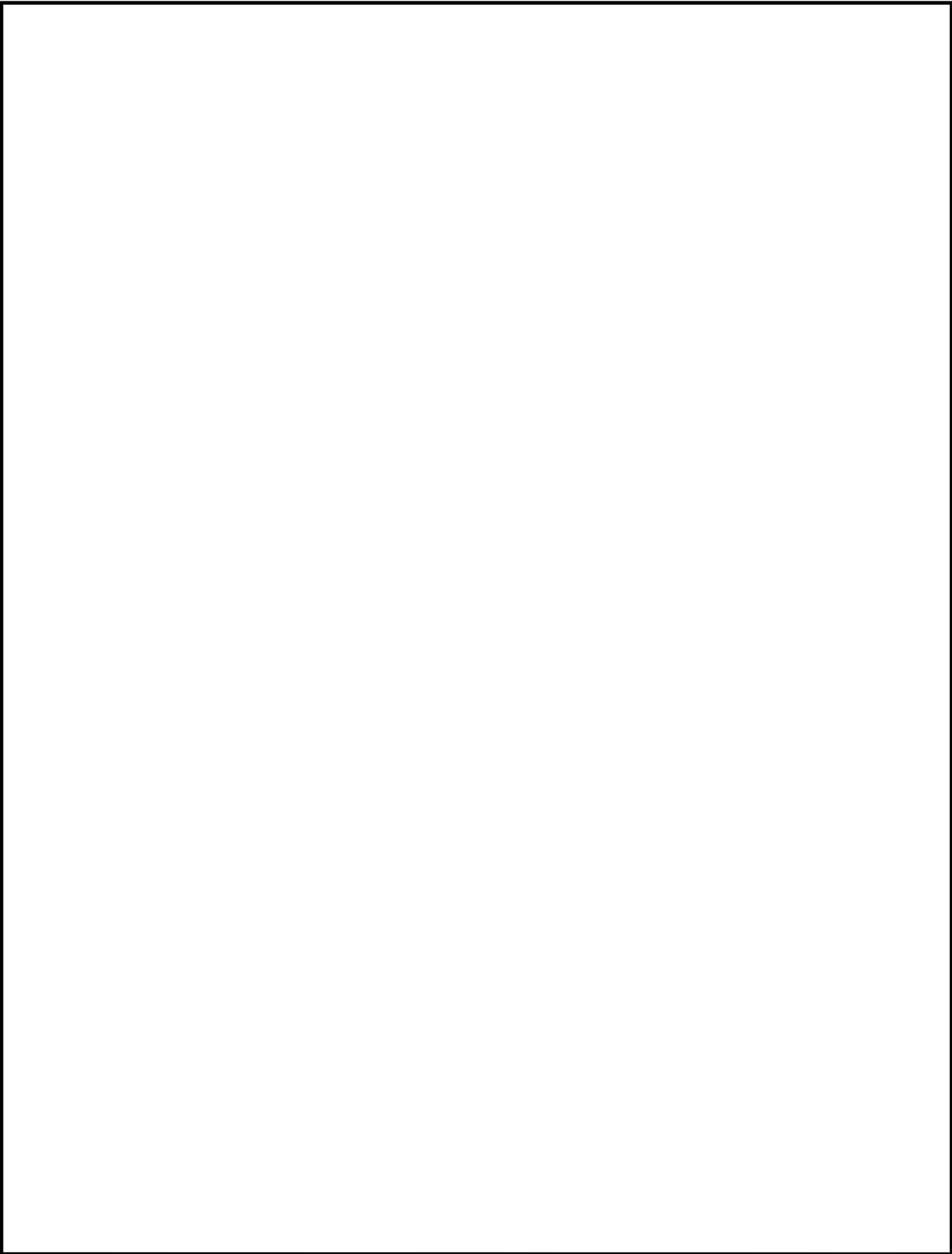
8. ГОСТ 1050-2013 Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						172
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		

Додаток Б

Автоматичний контроль і керування процесом очистки коксових газів

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						173
Змн	Арк.	№ докum.	Підпис	Лат		



					ЛН71мп.066635.000ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Шиховцев Є.Р			Автоматичне регулювання реактора в установці виробництва базових компонентів бензину	Лит.	Лист
Пров.		Двойнос Я.Г.					1/169
Реценз.							11
Н. контр.						КПІ ім. І.Сікорського, ІХФ, МАХНВ	
Утв.							

Вступ

При сучасному темпі розвитку промисловості і прагненню до створення високопродуктивних технологічних установок, роллю автоматизації в сучасних виробництвах неможливо знехтувати. Мабуть, неможливо уявити хімічний чи нафтопереробний завод, де всі спостереження і утримання технологічних процесів в заданих межах, можна провести без сучасної, детально проробленої і налагодженої схеми автоматичного керування. Системи автоматизації підтримують сталі режими роботи апаратів, підтримуючи в них сталими тиск, температуру, рівень рідини, наявність факела, та багатьох інших параметрів, запобігають виникненню аварій, наслідки яких можуть бути дуже неприємними, це можуть бути вибухи, пожежі, забруднення навколишнього середовища або потрапляння в атмосферу отруйних речовин, які призводять до загибелі великої кількості людей. А оскільки, в сучасних виробництвах необхідно одночасно керувати і підтримувати сотні або тисячі параметрів, які взаємно пов'язані, то без застосування систем автоматизації неможливе проведення багатьох хімічних процесів, та робота багатьох хімічних установок.

В хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю та великою швидкістю протікання технологічних процесів, великою чутливістю їх до порушень режиму, шкідливістю умов праці, вибухо- та пожежонебезпечністю речовин, що використовуються.

Система автоматизації управління повинна забезпечувати:

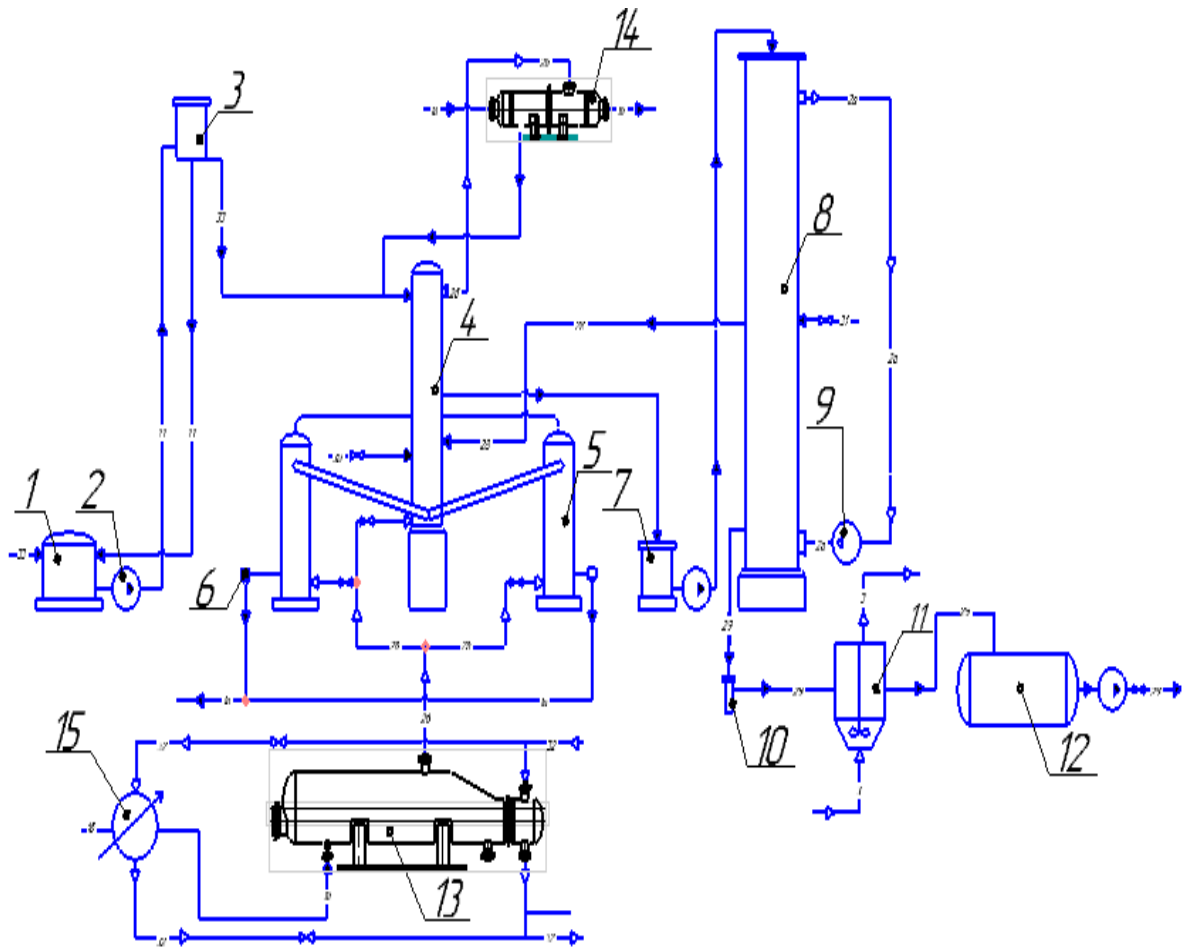
- максимальну продуктивність та мінімальну собівартість;
- керування технологічним процесом;
- дистанційне керування виконавчими механізмами;

місцеві прилади повинні бути вибрані з урахуванням вибухонебезпечності процесів.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						170
Змн.	Арк	№ локум.	Пілпис	Лат		

Б.1 Коротка характеристика технологічного процесу очистки коксових газів

Технологічна схема призначена для очистки коксових газів зображена на рисунку Б.1.



- 1 – резервуар, 2 – відцентровий насос, 3 – напірний бак,
4 – розділююча колона, 5 – приколонок, 6 – регулятор спуску,
7 – проміжний збірник, 8 – скрубер, 9 – вентилятор, 10 – гідрозатвор,
11 – повітряний холодильник, 12 – збірник для фенолятів,
13 – випарник, 14 – конденсатор, 15 – нагрівач.

Рисунок Б.1 – Схема очистки коксових газів

Установка також передбачає вилучення фенолів, яке відбувається у скрубері.

Надсмольна аміачна вода із резервуару 1, який знаходиться у відділенні конденсації газу, відцентровим насосом 2 подається у напірний бак 3, із якого самовільно потрапляє у розділюючу колону 4 з двома приколонниками 5.

У розділюючій колоні 4 вода піддається дистиляції паром з метою відгонки із неї летючих з'єднань аміаку.

Розділююча колона являє собою безперервний апарат, у якому відбувається виділення аміаку із надсмольної води.

Процес протікає у дві стадії. Летючий аміак, тобто аміак у вигляді солей, які розкладаються при нагріванні, виділяється водяною парою. Тоді як зв'язаний аміак не розкладається лише нагрівом, а попередньо оброблюється вапняним молоком.

У проміжний збірник 6 надсмольна вода потрапляє із колони по трубопроводу із якого відцентровим насосом 7 поступає до скрубера 8, у якому вилучаються феноли.

У скрубєрі відбувається вилучення фенолів парами. Через трубопровід надсмольна вода самовільно попадає у нижню змішувальну частину колони 4, в якій відбувається обробка вапняним молоком для розкладення з'єднань солей аміаку.

Велика частина солей аміаку в колоні, а саме у змішувальній частині під дією вапняного молока та пари розкладається з виділенням вільного аміаку, який у суміші з водяними парами виходить в колону 4.

Надсмольна вода з змішувальної частини колони з рештками ще не розкладених аміачних солей потрапляє у один із приколонників 5, де процес виділення аміаку із зв'язаних солей закінчується майже повністю.

Стічна вода виходить із нижньої частини приколонника 5 у відстійники для вапняного шлаку.

По насадці верхньої частини скрубєра 8 стікає надсмольна аміачна вода, феноли видувуються водяною парою, яка циркулює через скрубєр 8 за рахунок вентилятора 9.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						172
Змн.	Арк	№ локум.	Пілпис	Лат		

Для автоматизації вибираємо блок обезфенолювання аміачної надсмольної води розділюючу колону та приколонники, які зображені на рисунку Б.2.

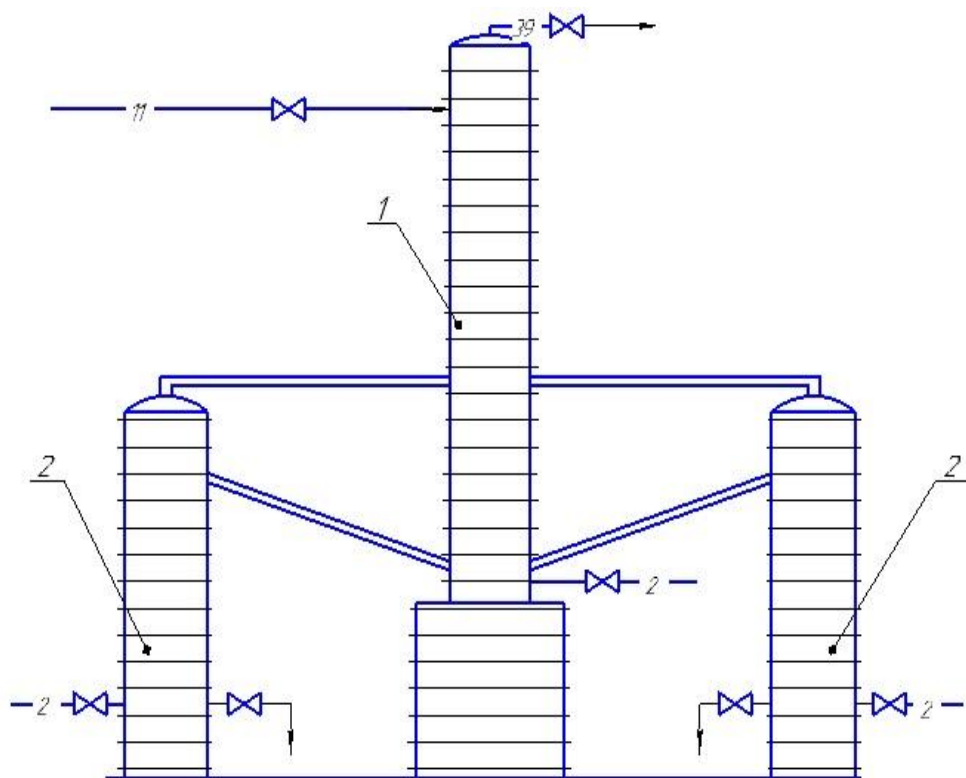


Рисунок Б.2 – 1 – розділююча колона; 2 – приколонник.

Таблиця Б.1 – Параметри, що впливають на роботу розділюючої колони.

Параметр	Автоматизація
$T_1 = 100 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ температура у колоні	Контроль автоматичне регулювання дистанційне керування
$T_2 = 100 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ Температура у приколоннику	Контроль автоматичне регулювання дистанційне керування
$G_1 = 1,46 \pm 0,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ Витрати гострої пари у приколоннику	Контроль автоматичне регулювання дистанційне керування
$x_{\text{аміаку}} = 0,075 \pm 0,03 \frac{\text{г}}{\text{л}}$ Якість вихідного продукту колони	Контроль автоматичне регулювання

Б.2 Основні рішення по автоматизації процесу

Б.2.1 Технологічний контроль

В лінії для обезфенолювання аміачної надсмольної води контролюються наступні параметри:

1. Контур 1, 2, 7, 8 контролює рівень надсмольної аміачної води в приколонниках. Контур складається з первинного вимірювального перетворювача, рівнеміра буйкового (поз. 1а, 3а), перетворювача (поз. 1б, 3б) та контролюючого вторинного показуючого приладу (поз. 1в, 3в).

2. Контур 13, 3, 2 та 9 контролює температуру надсмольної аміачної води у приколонниках, у розділюючій колоні і після. Контур складається з термоелектричного термометра (поз. 7а, 5а, 2а, 4а) та контролюючого вторинного реєструючого приладу (поз. 7б, 5б, 2б, 4б).

Б.2.2 Автоматичне регулювання

Схема автоматизації, яку ми розглядаємо, складається з таких контурів регулювання.

Для підтримання якості вихідного продукту, а саме аміаку та фенолу ми використовуємо контур 11 для регулювання витрати аміачної надсмольної води, первинним приладом є діафрагма (поз. 6а). Далі сигнал поступає на дифманометр і на вторинний пристрій (поз. 6в). Потім сигнал поступає на вимірювальний блок (поз. 6б). Сумарний сигнал поступає на регулятор (поз. 6г). Сигнал із регулятора поступає на блок управління (поз. 6д) і далі на магнітний пускач (поз. 6е).

Б.2.3 Сигналізація та захист

Для візуального нагляду за роботою приладів теплового регулювання режимів лінії для обезфенолювання аміачної надсмольної води, на щиті автоматизації встановленні сигнальні лампочки, за допомогою яких оператор лінії

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						174
Змн.	Арк	№ доквм.	Пілпис	Лат		

візуально має змогу наглядати за ходом регулювання режимів та, у випадку необхідності, оперативно впливати на протікання процесу.

Сигналізуємо такі параметри:

1. Мінімальний рівень аміачної надсмольної води в приколонниках розділюючої колони. Контур 2, 7.
2. Перепад температур в приколонниках та розділюючої колоні, контури 13, 9, 2, 3.

Б.2.4 Дистанційне керування

В контурі 13, 9, 2, 3 використовуються блоки дистанційного керування (поз. 6д, 7б, 5б, 2б, 4б), які призначені для ручного дистанційного управління, і оснащені приладом для сигналізації. Встановлені на щиті (ключ керування) – магнітний пускач .

Дистанційне керування витрати надсмольної аміачної води здійснюється за допомогою магнітного пускача (поз. 6е) через блок (поз. 6д), де передбачений перехід з автоматичного регулювання на ручне дистанційне керування.

В схемі автоматизації передбачено систему сигналізації та захисту. У випадку перевищення одного з параметрів подається попереджувачий сигнал дзвінка.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						175
Змн.	Арк	№ локум.	Пілпис	Лат		

Перелік приладів та засобів автоматизації зведена в таблицю Б.2.

Таблиця Б.2 Перелік приладів та засобів автоматизації

Позиція	Параметр середовища	Місце встановлення	Найменування характеристики приладу	Кількість Шт.
1д, 3д, 6е, 7г, 5г, 2г,		На щиті	Магнітний пускач	6
1к, 3к, 6д,	Пуск/ зупинка двигуна	По місцю	Блок управління	3
7а, 5а	Тмперера-тура середовища	По місцю	Термопара	2
1а, 3а	Рівень середовища	По місцю	Рівнемір буйковий	2
1г, 3г, 6г		На щиті	Регулюючий блок	3
7в, 5в, 2в, 4в		На щиті	Регулюючий блок	4
7б, 5б, 2б, 4б	Температура середовища	На щиті	Електронний потенціометр	4
1б, 3б	Витрата	На щиті	Міліамперметр	2
1з, 3з, 6в,	Тиск, Якість	На щиті	Вимірювальний блок	3
1л, 2л	Тиск середовища, концентрація	На щиті	За датчик реостати	2
1б, 3б	Концентрація	По місцю	Передаючий перетворювач рівню	2
1р, 3р	Концентрація	По місцю	Вторинний показуючий	2
6б	Витрата середовища	На щиті	Міліампер-метр	1
6а	Витрата середовища	По місцю	Дифманометр	1
1в, 3в, 6в	Витрата середовища	На щиті	Міліампер-метр	3

Висновок

В магістерській дисертації описана технологічна схема очистки коксових газів. Рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це практично дає можливість виключити людину з процесу виробництва. Потрібно тільки присутність оператора, щоб слідкувати за витратами по приладах, які вдало розміщені на пульті керування.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						177
Змн.	Арк	№ доквм.	Піппис	Лат		

Перелік посилань

1. Лукінюк М.В., Сташкевич П.М., Самсонов В.О.. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсів «Автоматизація виробничих процесів», «Технологічні вимірювання і прилади», «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами» – К.: Політехніка, 2003. – Част. 1.
2. Методичні вказівки до дипломного проектування по розділі «Автоматизація виробничих процесів» Київ «КПІ» 1987 р.
3. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський. 2-е вид. перероб. та доп.-М.: 1990.- 464с.

					ЛН71мп.065111.000 ПЗ	Арк.
						178
Змн.	Арк	№ доквм.	Піппис	Лат		

Додаток В

Документація до патентного дослідження

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71мп.066211 РП

Найменування теми Масообмінний апарат

Шифр теми ЛН71мп.066211.001

Етап Проектування масообмінного апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень ЛН71мп.066211,
18.09.2018

Обґрунтування регламенту пошуку:

Предмет пошуку – масообмінний апарат.

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо масообмінного апарата (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці)

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Росія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 22 роки, регламент пошуку встановлюємо такий: 2017–2018 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація:

МПК – C02F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.612.2

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології тепло та масообміну, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 18.09.2018

Закінчення пошуку 28.09.2018

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро спек- тивніс ть пошу ку	Джерела інформації
Масообмінний апарат	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна , США, Росія, Німеччи нна	МПК – CO2F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00. УДК 665.612.2	2017–2018	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995–2006 рр.). Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71мп.066231 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.066231, 18.09.2018.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:
ЛН71мп.066231, 24.09.2018.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71мп.066231, 25.09.2018.

Початок пошуку: 25.09.2018 Закінчення пошуку: 28.09.2018

Таблиця В.2 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої ді
Ректифікаційна колона	Патент №124246(UA) Нурадінов Ібрагім Абдієвич (UA), Степанюк Андрій Романович (UA); – Заявка № u201711270, 20.11.2017; Опубл.26.03.2018 Бюл. № 6	Діє
Колона ректифікаційна ковпачковими тарілками	№114294 Денисенко Владислав Русланович (UA), Степанюк Андрій Романович (UA); – Заявка № u201607681, 12.07.2016; Опубл.10.03.2017 Бюл. № 5	Діє
Ректифікаційна колона з керованими циклами	Патент №116565 Булій Юрій Володимирович (UA), Дмитрук Аркадій Павлович (UA), Дмитрук Павло Аркадійович (UA) ; – Заявка № u201612611, 12.12.2016; Опубл.25.05.2017 Бюл. № 10	Діє
Масообмінний апарат	Патент № US 8944418B2, Int.CI F01N 3/04, B01D 3/32, B01D 3/22. Mass transfer column / Darran M.H., David R. Ewy, Gary W. Gage (US); – Заявка №US20160292791, Опубл. 2017-11-22.	Діє
Масообмінний апарат	Патент № US 2018/0318727A1, Int.CI B01D 3/00, B01D 3/008. Column for heat or mass exchanger/ G. Perdu, C. Salais, V. Carlier (FR); – Заявка № US 2018/0318727A1, 2015-10-30, Опубл. 2018-04-30.	Діє

Таблиця В.3 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Масообмінний апарат	Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.М. “Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающий промышленности”	Л., Химия, 1974. – 374 стр.

Таблиця В.4 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Масообмінний апарат	Україна, США, Німеччина Японія, Росія	МПК – CO2F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00. УДК 665.612.2	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://ukrpatent.org/	Описи винаходів патентів України Описи корисних моделей патентів України Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені Інтернет-сайти Укрпатенту, Європейського патентного відомства, патентного відомства США	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Плановский А.Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии М.: Химия, 1972. - 496 с

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71мп.065111 РП

Найменування теми Теплообмінник

Шифр теми ЛН71мп.065111.001

Етап Проектування теплообмінника та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень ЛН71мп.065111,
18.09.2018

Обґрунтування регламенту пошуку:

Предмет пошуку – теплообмінник.

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо теплообмінника (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці)

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Росія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 22 роки, регламент пошуку встановлюємо такий: 2017–2018 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація:

МПК – F28F 1/00, 1/10, 1/40, 1/36, 3/00, 3/02, 3/04, 3/08, 9/02, 9/00, 9/013; 13/14, F26D 7/00, F28D 7/00, 9/00, 9/02, 9/26.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.612.2

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології тепло та масообміну, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 18.09.2018

Закінчення пошуку 28.09.2018

Таблиця В.5 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро спек- тивніс ть пошу ку	Джерела інформації
Теплообмінник	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна , США, Росія, Німеччина	МПК – F28F 1/00, 1/10, 1/40, 1/36, 3/00, 3/02, 3/04, 3/08, 9/02, 9/00, 9/013; 13/14, F26D 7/00, F28D 7/00, 9/00, 9/02, 9/26. УДК 665.612.2	2017–2018	Національний зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995–2006 рр.). Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71мп.065111 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.065111, 18.09.2018.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.065111, 24.09.2018.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71мп.065111, 25.09.2018.

Початок пошуку: 25.09.2018 Закінчення пошуку: 28.09.2018

Таблиця В.6 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	Відо- мости щодо їхньої дії
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Перехресний кожухотрубний теплообмінник	Патент № 116787 (UA), МПК(2017.01) F28D 7/00, F28F 1/00, F28F 1/10(2006.01). Кожухотрубний теплообмінник / Ревтов Олексій Олександрович (UA), Костик Сергій Ігорович (UA), Шибєцький Владислав Юрійович (UA), Поводзинський Вадим Миколайович (UA). Заявка № u201611434, 16.12.2016; Опубл. 12.06.2017 Бюл. № 11.	Діє
Вертикальний кожухотрубний теплообмінник	Патент №115492 (UA), МПК(2017.01) F28B 9/08 (2006.01), F28F 1/00. Вертикальний кожухотрубний теплообмінник / В. О. Осадчий (UA); – Заявка № u201605123, 11.05.2016; Опубл. 25.04.2017, Бюл. №8.	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент № 124282 (UA), МПК (2018.01) , F28D 1/42. Кожухотрубний теплообмінник/ Шиховцев Євгеній Романович (UA), Степанюк Андрій Романович (UA); – Заявка № u201712289, 12.12.2017; Опубл. 26.03.2018, Бюл. №6.	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент № DE 102017208324A1., Int.CI F28D 7/10, F28D 7/00, F28F 9/00. Heat exchanger / K. Bernd (DE); – Заявка № WO2017050112, 2017-01-02, Опубл. 2017-08-10.	Діє
Теплообмінник	Патент №: US 2018/0304339A1, , Int.CI F28D 9/00, F28F 3/02, F28F 3/04. Heat exchanger/ Naohiro Ito, Selichi Muto (JP); – Заявка № WO2017051715, 2017-01-27, Опубл. 2017-08-31.	Діє

Таблиця В.7 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Теплообмінник	Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химических технологий. Учебное пособие для вузов/Под П. Г. Романкова	Л.: Химия, 1987. – 576 стр.

Таблиця В.8 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його скл. част.)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Теплообмінник	Україна, США, Німеччина Японія, Росія	МПК – F28F 1/42, 1/10, 1/22, 1/36, 9/02, 9/00, 9/013; F26D 7/00, 7/10, 1/047, 7/16 УДК 665.612.2	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://ukrpatent.org/	Описи винаходів патентів України Описи корисних моделей патентів України Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені Інтернет-сайти Укрпатенту, Європейського патентного відомства, патентного відомства США	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Плановский А.Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии М.: Химия, 1972. - 496 с

Додаток Г

**Програмний розрахунок
товщини стінки корпусу апарата**

					ЛН71мп.065111.001 ПЗ	Арк.
						190
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На рисунку Г.1 зображено блок-схему до розрахунку

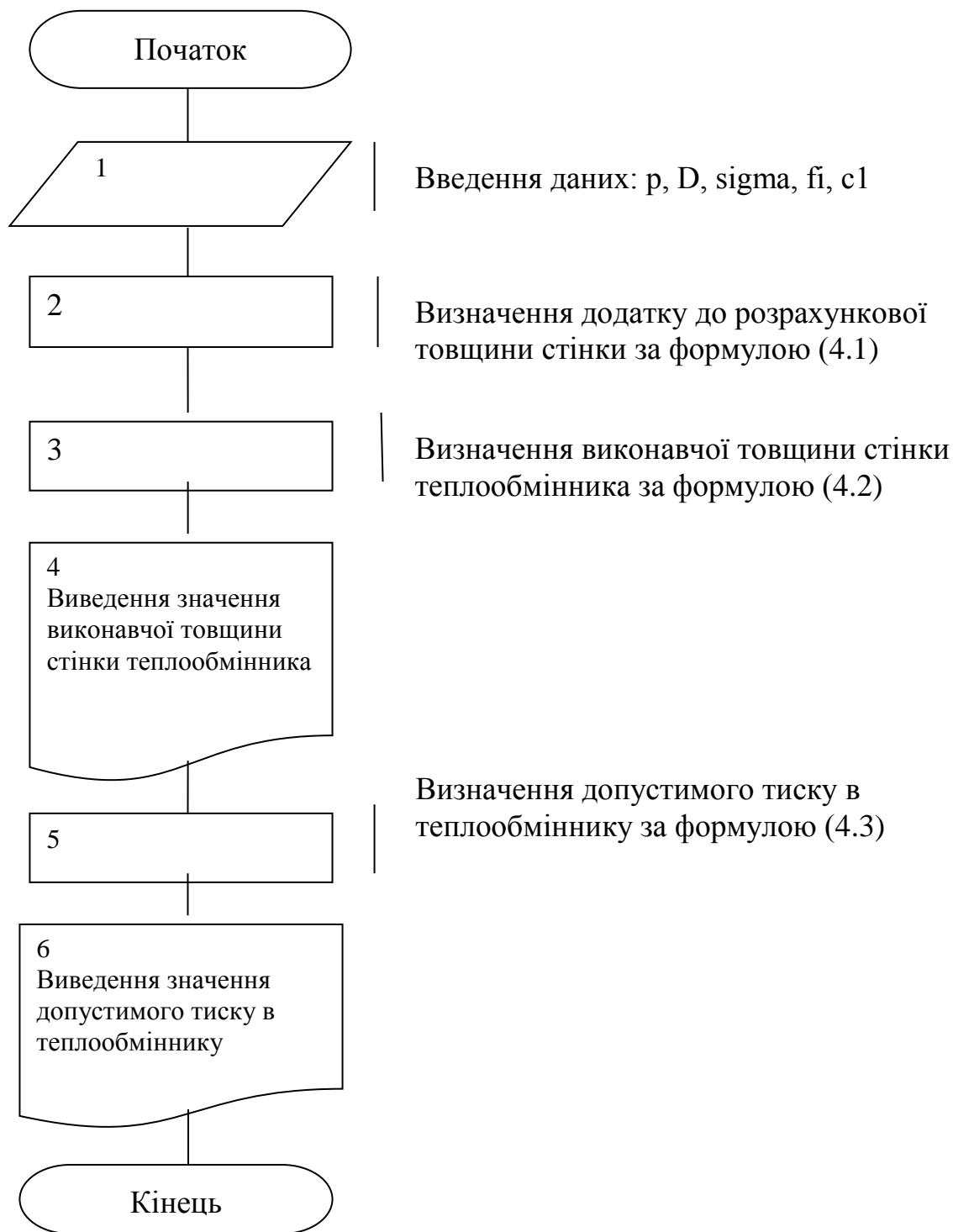


Рисунок Г.1 - Блок - схема розрахунку товщини стінки корпусу апарата

Програма розрахунку товщини стінки корпусу апарата

$$P := 1.2$$

$$c_1 := 2.4$$

$$D := 800$$

$$c_2 := 0.1955$$

$$\sigma := 137$$

$$c_3 := 0$$

$$\phi := 0.9$$

$$C := c_1 + c_2 + c_3 = 2.595$$

$$S_p := \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \phi - P} = 3.912$$

$$S := S_p + C = 6.507$$

$$S1 := 8$$

$$P_p := \frac{2 \cdot \sigma \cdot \phi \cdot (S1 - C)}{D + (S1 - C)} = 1.655$$

					ЛН71мп.065111.001 ПЗ	Арк. 192
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Додаток К

Патенти, які використані в патентному дослідженні



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124246** (13) **U**
(51) МПК (2018.01)
B01D 3/00
B01J 19/30 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 11270**
(22) Дата подання заявки: **20.11.2017**
(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **28.03.2018**
(48) Публікація відомостей
про видану патенту: **28.03.2018, Бюл.№ 6**

(72) Винахідник(и):
**Нурадінєв Ібрагім Абділович (UA),
Степанюк Андрій Романович (UA)**
(73) Власник(и):
**Нурадінєв Ібрагім Абділович,
вул. Рибна, 7, м. Київ, 03138 (UA),
Степанюк Андрій Романович,
пр. В. Маликовського, 66-а, кв. 132, м. Київ-
232, 02232 (UA)**

(64) РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА

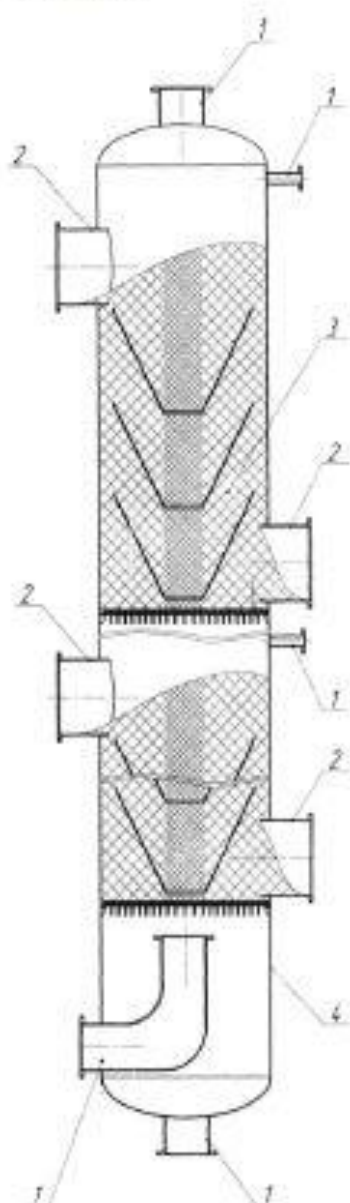
(67) Реферат:

Ректифікаційна колона складається з корпусу, штуцерів та елементів насадки ректифікаційної колони. Елементи насадки ректифікаційної колони виконано у вигляді щонайменше двох радіальних пристроїв з вікнами, заповнених насадкою різного діаметра, що складається з традиційних елементів насадки (наприклад кілець Рашига). Насадку меншого розміру розташовують в середині колони, а більшого на периферії.

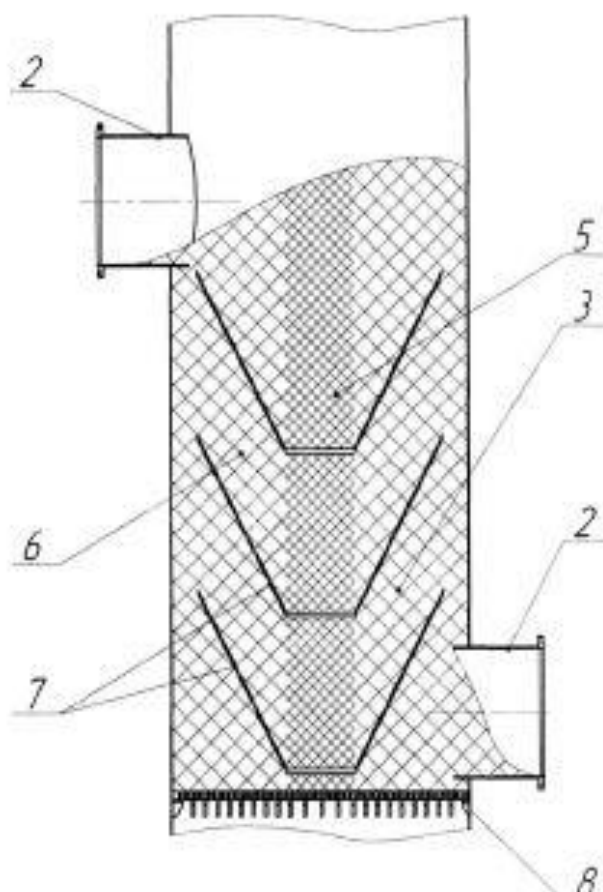
UA 124246 U

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Ректифікаційна колона, яка складається з корпусу, штуцерів та елементів насадки
 ректифікаційної колони, яка відрізняється тим, що елементи насадки ректифікаційної колони
 виконано у вигляді щонайменше двох радіальних пристроїв з вікнами, заповнених насадкою
 насадкою різного діаметра, що складається з традиційних елементів насадки (наприклад кільце
 Рашига) при цьому насадка меншого розміру розташована в середині колони, а більшого
 на периферії.



Фіг. 1



Фіг. 2



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(13) UA (11) 114294 (13) U
(51) МПК
B01D 3/14 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 07881
(22) Дата подання заявки: 12.07.2016
(24) Дата, з якої є чинним
права на корисну
модель: 10.03.2017
(48) Публікація відомостей
про видану патенту: 10.03.2017, Бюл.№ 6

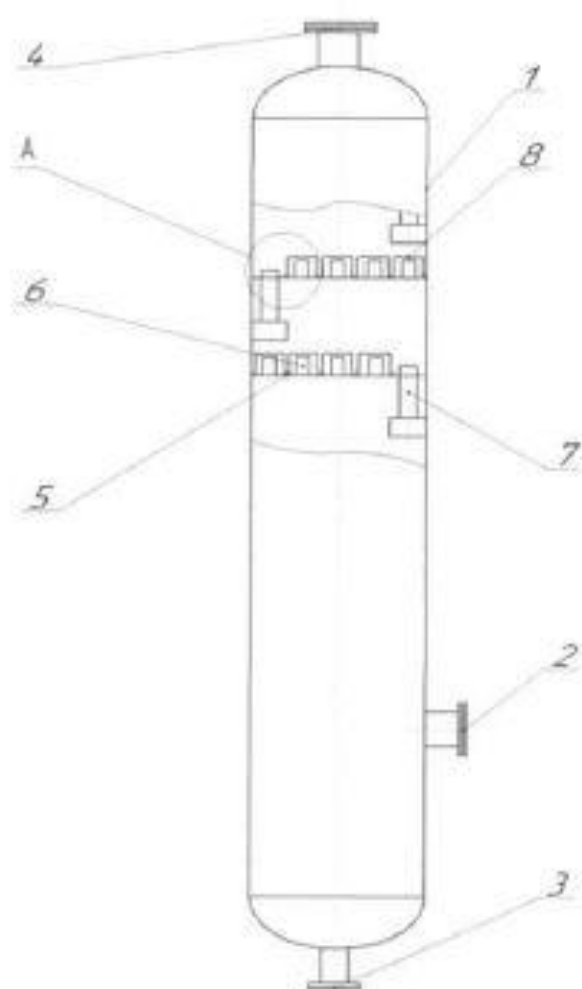
(72) Винахідник(и):
Денисенко Владислав Русланович (UA),
Степанюк Андрій Романович (UA)
(73) Власник(и):
Денисенко Владислав Русланович,
вул. Металістів, 8, к. 2-40, м. Київ, 03056
(UA),
Степанюк Андрій Романович,
пр. В. Мажоського, 66-а, кв. 132, м. Київ-
232, 02232 (UA)

(64) КОЛОНА РЕКТИФІКАЦІЙНА З КОВПАЧКОВИМИ ТАРІЛКАМИ

(67) Реферат:

Колонна ректифікації містить корпус з технологічними штуцерами, тарілки з паровими патрубками і переливними пристроями, а також ковпачки з вертикальними прорізами. Зовнішня поверхня ковпачків обладнана спіралями, розміщеними від початку до кінця ковпачка.

UA 114294 U





УКРАЇНА

(19) UA

(11) 116565

(13) U

(51) МПК

B01D 3/30 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

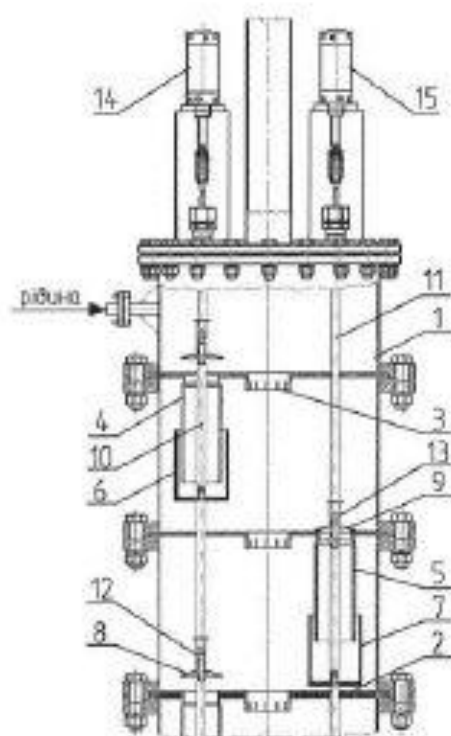
(21) Номер заявки:	u 2016 12811	(72) Винахідник(и):	Булій Юрій Володимирович (UA), Дмитрук Аркадій Павлович (UA), Дмитрук Павло Аркадійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	12.12.2016	(73) Власник(и):	НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, 01601 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.06.2017		
(48) Публікація відомостей про видану патенту:	25.06.2017, Бюл.№ 10		

(64) РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА З КЕРОВАНИМИ ЦИКЛАМИ

(67) Реферат:

Ректифікаційна колона з керованими циклами містить корпус, в якому розміщені тарілки з контактними елементами, переливні пристрої та клапани, що закріплені на рухомих тягах, з'єднаних з приводними механізмами. Частина клапанів розташована на парних, за порядком розташування, тарілках, інша - на непарних тарілках. Тяги виконані з можливістю почергового руху вгору і вниз через заданий проміжок часу. Клапани виконані з можливістю почергово синхронно відкривати і закривати отвори переливних труб парних і непарних тарілок при безперерній подачі в колону пари та рідини.

UA 116565 U



Фиг. 1



US008944418B2

(12) **United States Patent**
Headley et al.

(10) **Patent No.:** **US 8,944,418 B2**
(45) **Date of Patent:** **Feb. 3, 2018**

(54) **USE OF DOWNCOMER BEAM TO SUPPORT ADJACENT CROSS FLOW TRAYS WITHIN A MASS TRANSFER COLUMN AND PROCESS INVOLVING SAME**

(75) **Inventors:** **Darran Matthew Headley**, Valley Center, KS (US); **David R. Ewy**, Goddard, KS (US); **Gary W. Gage**, Grand Prairie, TX (US)

(73) **Assignee:** **Koch-Glitsch, LP**, Wichita, KS (US)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 462 days.

(21) **Appl. No.:** **13/470,498**

(22) **Filed:** **May 14, 2017**

(65) **Prior Publication Data**
US 2017/0292791 A1 Nov. 22, 2017

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 61/486,645, filed on May 16, 2011.

(51) **Int. Cl.**
B01F 3/04 (2006.01)
B01D 3/32 (2006.01)
B01D 3/22 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC: **B01D 3/32** (2013.01); **B01D 3/225** (2013.01)
USPC: 261/114.1; 261/114.5

(58) **Field of Classification Search**
USPC: 261/114.1, 114.2, 114.3, 114.4, 114.5
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,045,889 A *	7/1962	Kittel	261/114.3
3,573,172 A *	3/1971	Strenber	202/154
4,205,300 A *	6/1980	Belyukov et al.	261/114.1
4,547,326 A *	10/1985	Wolke	261/114.1
6,736,378 B2	5/2004	Colic et al.	
2007/0067085 A1	4/2007	Shahar et al.	
2004/0026801 A1 *	2/2004	Konijn et al.	261/114.1
2004/0036186 A1	3/2004	Lee et al.	
2004/0080793 A1	4/2004	Wickland et al.	
2005/0218534 A1	10/2005	Colic et al.	
2007/0145612 A1 *	6/2007	Konijn et al.	261/114.5
2009/0189301 A1	7/2009	Lee et al.	
2010/0040280 A1 *	9/2010	Xu	261/114.1
2013/0234348 A1 *	9/2013	Nieswoudt et al.	261/114.5

OTHER PUBLICATIONS

Notification of Transmittal of the International Search Report and the Written Opinion of the International Searching Authority, or the Declaration, Date of Mailing: Dec. 3, 2012, International Application No. PCT/US2012/037924; International Filing Date: May 12, 2012; Applicant: Koch-Glitsch, LP

* cited by examiner

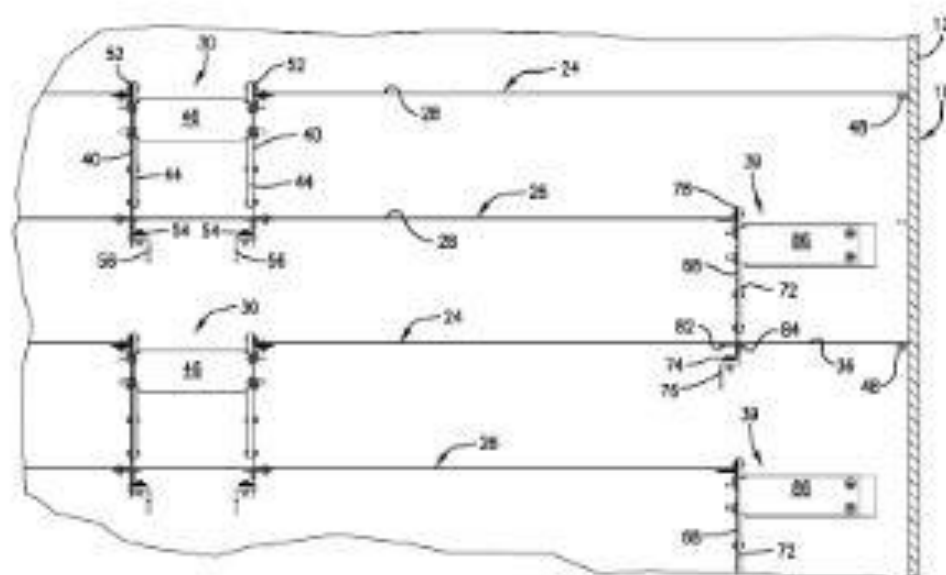
Primary Examiner — Charles Bushey

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Honey Williams LLP

(57) **ABSTRACT**

Cross flow trays in a mass transfer column are provided with downcomers having one or more walls that extend from a tray deck of one of the cross flow trays to an elevation below a tray deck of an underlying one of the cross flow trays. The downcomer walls are connected to and provide structural support for the tray decks of the cross flow trays.

20 Claims, 15 Drawing Sheets





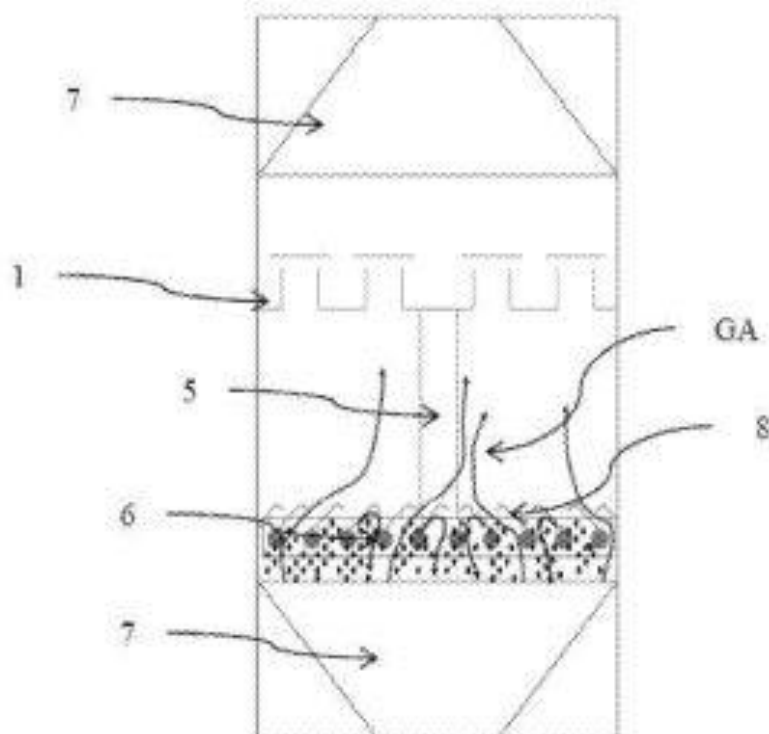
US 20180318727A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
PERDU et al.(10) **Pub. No.: US 2018/0318727 A1**(43) **Pub. Date: Nov. 8, 2018**(54) **COLUMN FOR HEAT AND/OR MASS EXCHANGE BETWEEN TWO FLUIDS COMPRISING A COLLECTION TRAY AND FLUID SEPARATION MEANS**(22) **PCT Filed: Oct. 30, 2015**(86) **PCT No.: PCT/FR2015/052933**

§ 371 (c)(1)

(2) **Date: Apr. 30, 2018**(71) **Applicants:** TOTAL SA, Courbevoie (FR);
PROSERNAT, Rueil-Malmaison (FR);
IFP Energies nouvelles,
Rueil-Malmaison Cedex (FR)**Publication Classification**(72) **Inventors:** Gauthier PERDU, Suresnes (FR);
Clement SALAIS, Paris (FR); Vincent
CARLIER, Lyon (FR); Claire WEISS,
Vaucluse (FR); Thomas MAUBERT,
Paris (FR); Maxime FOURNIE, Paris
(FR); Manel FOURATI, Lyon (FR);
Pascal ALIX, Roussillon (FR);
Philippe BEARD, Saint Genis-Laval
(FR)(51) **Int. Cl.**
B01D 3/00 (2006.01)
B01D 53/18 (2006.01)(52) **U.S. Cl.**
CPC **B01D 3/008** (2013.01); **B01D 8/0492**
(2013.01); **B01D 53/18** (2013.01)(73) **Assignees:** TOTAL SA, Courbevoie (FR);
PROSERNAT, Rueil-Malmaison (FR);
IFP Energies nouvelles,
Rueil-Malmaison Cedex (FR)(57) **ABSTRACT**

The present invention relates to a column for exchanging material and, if appropriate, heat between a gas and a liquid. The column comprises at least one collector tray 1 and a liquid distribution system 5, 6 arranged between two packed beds 7, and gas and liquid separation means 8. The present invention proposes arranging gas and liquid separation means 8 between the collector tray 4 and the liquid distribution means 5, 6.

(21) **Appl. No.: 15/772,332**

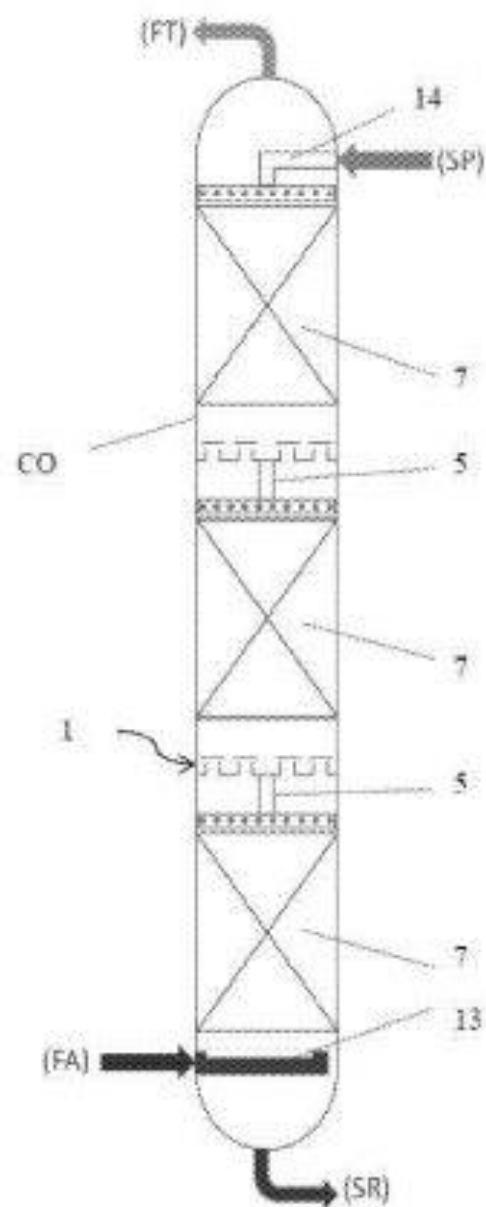


FIG 1



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 116787 (13) U
(51) МПК (2017.01)
F28D 7/00
F28F 1/10 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 11434	(72) Винахідник(и): Ревтов Олександр Олександрович (UA), Коотик Сергій Ігорович (UA), Шибельський Владислав Юрійович (UA), Поводзінський Вадим Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.12.2018	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.08.2017	
(48) Публікація відомостей про віддану патенту: 12.08.2017, Бюл.№ 11	(73) Власник(и): Ревтов Олександр Олександрович, вул. Ушакова, 16, кв. 308, м. Київ, 03179 (UA), Коотик Сергій Ігорович, вул. М. Донця, 18, кв. 15, м. Київ, 03126 (UA), Шибельський Владислав Юрійович, вул. Пушкінська, 23-а, кв. 11, м. Київ, 01004 (UA), Поводзінський Вадим Миколайович, бульв. Давидова, 19/1, кв. 77, м. Київ, 02154 (UA)

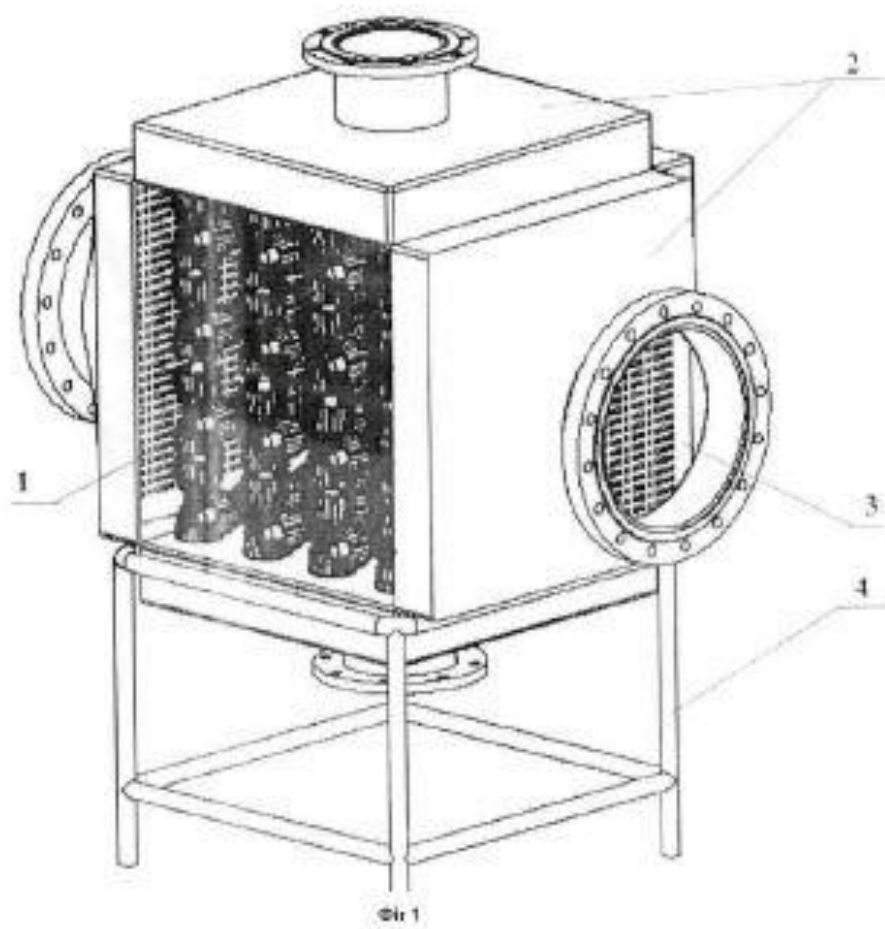
(64) ПЕРЕКРЕСНИЙ КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛОБІМНІК

(67) Реферат:

Перекресний кожухотрубний теплообмінник містить трубні секції зі спеціальним оребренням, при цьому трубні секції розташовані під кутом 90° одна відносно іншої, утворюючи канал складної форми.

UA 116787 U

UA 116787 U





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115492** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F28B 9/08 (2006.01)
F28F 1/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

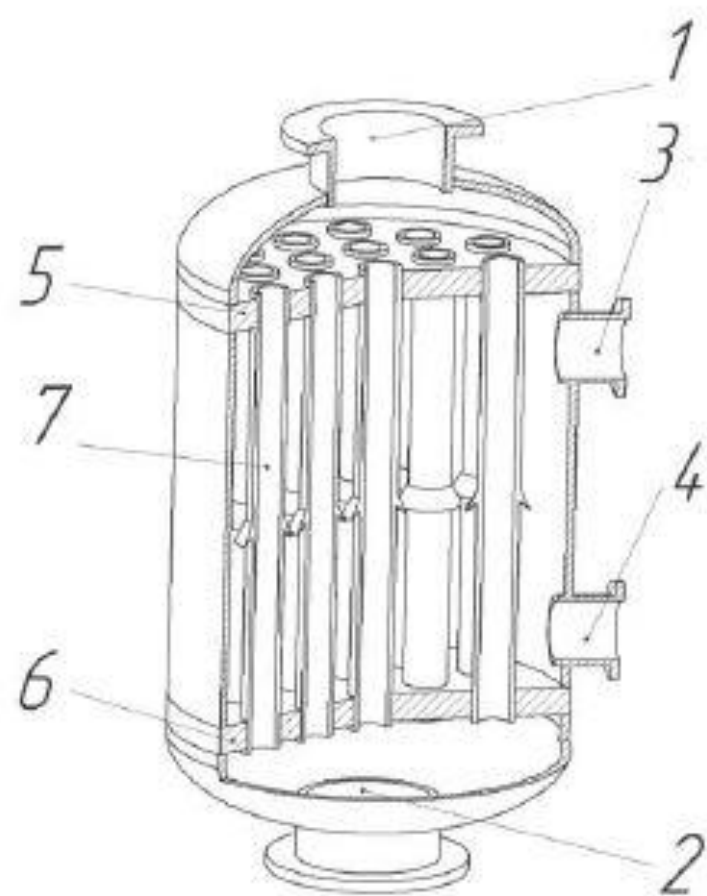
(21) Номер заявки:	u 2018 05123	(72) Винахідник(и):	Осадчий Ваимль Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	11.06.2018	(73) Власник(и):	Осадчий Ваимль Олександрович, вул. Г. Ватутіна, 2, кв. 2, м. Київ, 03169 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	26.04.2017		
(48) Публікація відомостей про видану патенту:	26.04.2017, Бюл. № 8		

(64) ВЕРТИКАЛЬНИЙ КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК

(67) Реферат:

Вертикальний теплообмінник, складається з циліндричного кожуха, кришки і днища, а також двох трубних решіток із закріпленими в них теплообмінними трубками. Трубки виконано з парасольками, що розміщені на зовнішній поверхні труб.

UA 115492 U





УКРАЇНА

(19) UA (11) 124282 (13) U

(51) МПК (2018.01)
F28F 1/42 (2006.01)
F28F 9/00
F28D 7/08 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

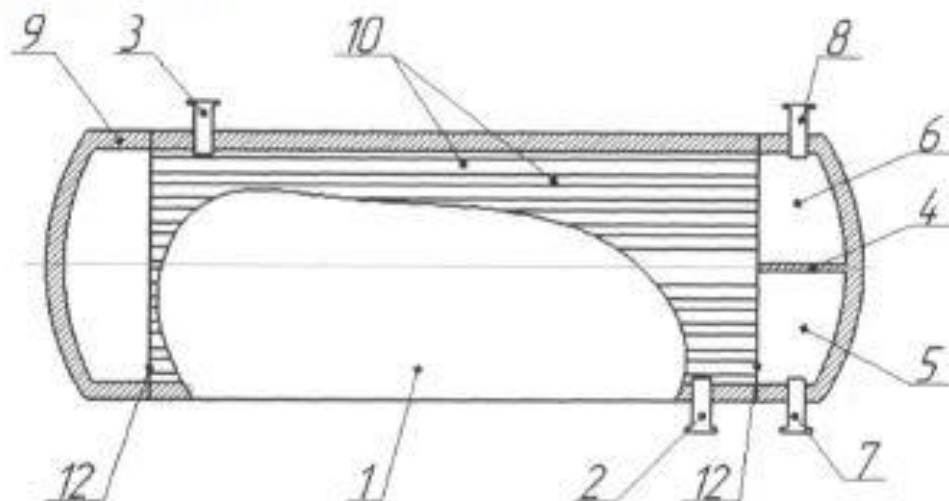
(21) Номер заявки: u 2017 12289
(22) Дата подання заявки: 12.12.2017
(24) Дата, з якої є чинним
права на корисну
модель: 28.03.2018
(48) Публікація відомостей
про видачу патенту: 28.03.2018, Бюл. № 8

(72) Винахідник(и):
Шиковцев Євгеній Романович (UA),
Степанюк Андрій Романович (UA)
(73) Власник(и):
Шиковцев Євгеній Романович,
вул. Металістів, 5, км. 1207, м. Київ, 03056
(UA),
Степанюк Андрій Романович,
пр. В. Мажорського, 66-а, кв. 132, м. Київ,
02232 (UA)

(64) КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК

(67) Реферат:

Кожухотрубний теплообмінник складається з циліндричного кожуха, кришки і дна, двох трубних решіток із закріпленими в них теплообмінними трубками із рельєфною поверхнею у вигляді виступів, розташованих на внутрішній поверхні цих же труб. При цьому, рельєфна поверхня виконана у вигляді параболічних виступів, розташованих на внутрішній поверхні теплообмінних труб.



Фіг. 1

U
UA 124282



(10) DE 10 2017 208 324 A1 2018.11.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: 10 2017 208 324.7
(22) Anmeldetag: 17.05.2017
(43) Offenlegungstag: 22.11.2018

(51) Int. Cl.: **F28F 9/22** (2006.01)

F28D 7/10 (2006.01)

F02M 26/29 (2018.01)

F02M 26/32 (2018.01)

F01N 3/02 (2006.01)

F28F 9/00 (2006.01)

F28D 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
MAHLE International GmbH, 70376 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
**BRP Renaud und Partner mbB Rechtsanwälte
Patentanwälte Steuerberater, 70173 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Faber, Christian, 70619 Stuttgart, DE; Hund,
Simon, 70199 Stuttgart, DE; Krämer, Bernd, 71701
Schwiebendingen, DE; Siegel, Albrecht, 71642
Ludwigsburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2006 051 000	A1
DE	10 2012 211 311	A1
DE	10 2014 225 159	A1
DE	10 2015 102 096	A1
GB	664 304	A
EP	2 559 962	A2
WO	2003/ 091 650	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wärmeübertrager**

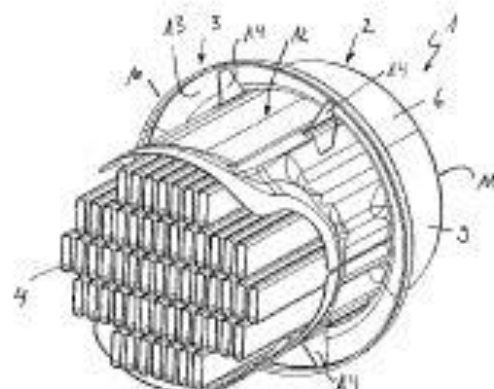
(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager (1) mit einem rohrförmigen Gehäuse (2), einem Flanschring (3), zwei Böden (11) und Wärmetauscherrohren (4), die durch das Gehäuse (2) verlaufen und jeweils längs- endseitig in den Böden (11) gehalten sind, wobei in den Wärmetauscherrohren (4) ein erster Strömungskanal und zwischen den Wärmetauscherrohren (4) und dem Gehäuse (2) ein zweiter Strömungskanal ausgebildet ist.

Erfindungswesentlich ist dabei,

- dass das Gehäuse (2) aus einem ersten und einem zweiten, jeweils topfförmigen Gehäuseeteil (5,6) gebildet ist, von denen jedes Gehäuseeteil (5,6) einen Gehäuseabschnitt (7), einen nach außen aufgeweiteten Flanschringabschnitt (10) und einen Boden (11) aufweist und wobei die beiden Gehäuse- teile (5,6) über die beiden Flanschringabschnitte (10) miteinander verbunden sind, wobei die beiden Flanschringab- schnitte (10) einen Ringraum (13) begrenzen,

- dass an dem ersten Gehäuseeteil (5) ein Einlassstutzen (7) und ein Auslassstutzen (8) für Kühlmittel (15) vorgesehen ist,

- dass zwischen dem Gehäuse (2) und den Wärmetauscher- rohren (4) zumindest ein Separator (12) angeordnet ist, an dem zumindest ein Flügel (14, 14') vorgesehen ist, der zu- mindest teilweise in den Ringraum (13) eingreift und eine dortige Umfangsströmung zumindest reduziert.





US 2018/0304339 A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**

Ito et al.

(10) Pub. No.: **US 2018/0304339 A1**(43) Pub. Date: **Oct. 25, 2018**

(54) **METHOD FOR MANUFACTURING
FIN-TUBE HEAT EXCHANGER AND
COMBUSTION APPARATUS INCLUDING
FIN-TUBE HEAT EXCHANGER**

(52) **U.S. CL.**
CPC *B21D 39/20* (2013.01); *B21D 53/06*
(2013.01); *F28F 22/508* (2013.01); *F28F*
1/325 (2013.01); *F28F 1/02* (2013.01)

(71) Applicant: **Rinnai Corporation, Nagoya-shi (JP)**

(72) Inventors: **Nashiro Ito, Nagoya-shi (JP); Seichi
Muto, Nagoya-shi (JP)**

(21) Appl. No.: **15/947,951**(22) Filed: **Apr. 9, 2018**(30) **Foreign Application Priority Data**

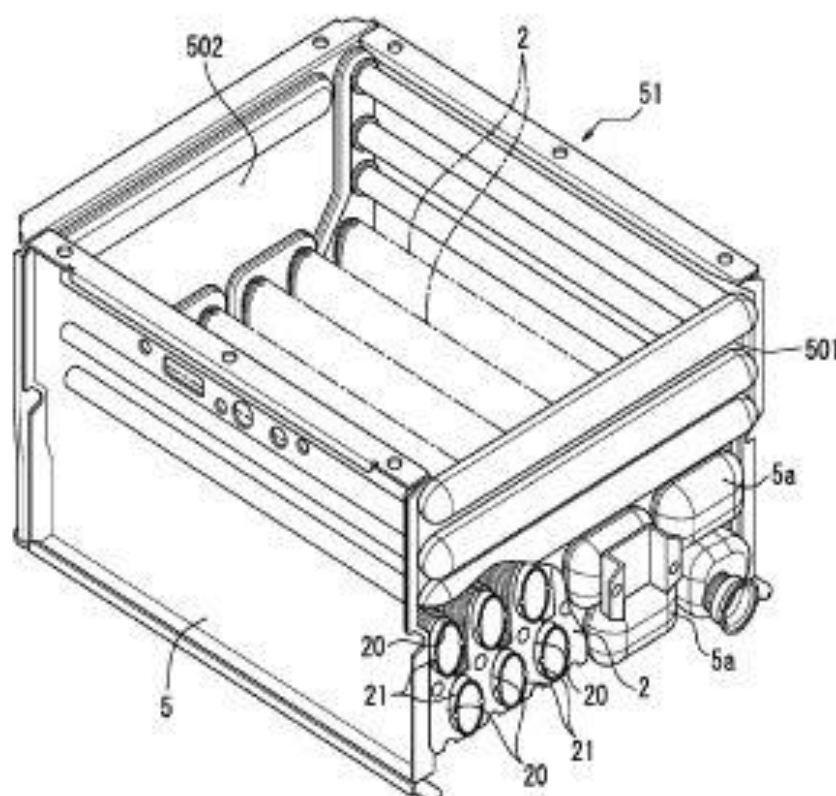
Apr. 21, 2017 (JP) 2017-084266

Publication Classification

(51) **Int. CL**
B21D 39/20 (2006.01)
B21D 53/06 (2006.01)
F28F 1/02 (2006.01)
F28F 1/32 (2006.01)

(57) **ABSTRACT**

The method for manufacturing a fin-tube heat exchanger includes the step of expanding each heat transfer tube extending through a corresponding tube insertion hole of a heat transfer fin with a tube expander inserted in heat transfer tubes. The expanding step includes a first sub-step of expanding the tube expander in a radial direction of the heat transfer tube to a radially expanded state while the tube expander is at rest in a first predetermined region to be expanded inside the heat transfer tube to bring the first predetermined region to be expanded into close contact with the tube insertion holes, and a second sub-step of releasing the tube expander from the radially expanded state to a radially contracted state and moving the tube expander to a second predetermined region to be expanded inside the heat transfer tube. The first and second sub-steps are alternately repeated.



Додаток Л

Публікації автора

Публікації автора

пошукача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Ільєнко Анни Володимирівни

1. Ільєнко А.В. Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони, конденсатора та холодильника / А.В Ільєнко, А.Р. Степанюк// Збірник тез доповідей XXI всеукраїнської науково–практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів». – 2017. - с.24-25.

2. Заявка на корисну модель України МПК (2018.01) Кожухотрубний теплообмінник/ Ільєнко А.В, Степанюк А.Р.; заявники Ільєнко А.В., Степанюк А.Р.; № u 201804529; заявл. 25.04.2018;

3. Ільєнко А.В. Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони, конденсатора та холодильника / А.В Ільєнко, А.Р. Степанюк // Збірник тез доповідей XIV міжнародної науково–практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». – 2018. - с.40-41.

4. Ільєнко А.В. Модернізація нагрівача / А.В Ільєнко, А.Р. Степанюк // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»: технічні науки. – 2018. – № 11.

5. Ільєнко А.В. Модернізація установки очистки коксових газів з розробкою розділюючої колони та нагрівача / А.В Ільєнко, А.Р. Степанюк // Збірник тез доповідей XV міжнародної науково–практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». – 2018. – с. 36-37.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З РОЗРОБКОЮ РОЗДІЛЮЮЧОЇ КОЛОНИ, КОНДЕНСАТОРА ТА ХОЛОДИЛЬНИКА

студентка Ільєнко А.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Коксовий газ — горючий газ, що утворюється в процесі коксування кам'яного вугілля, тобто при нагріванні його без доступу повітря до 900–1100°C.

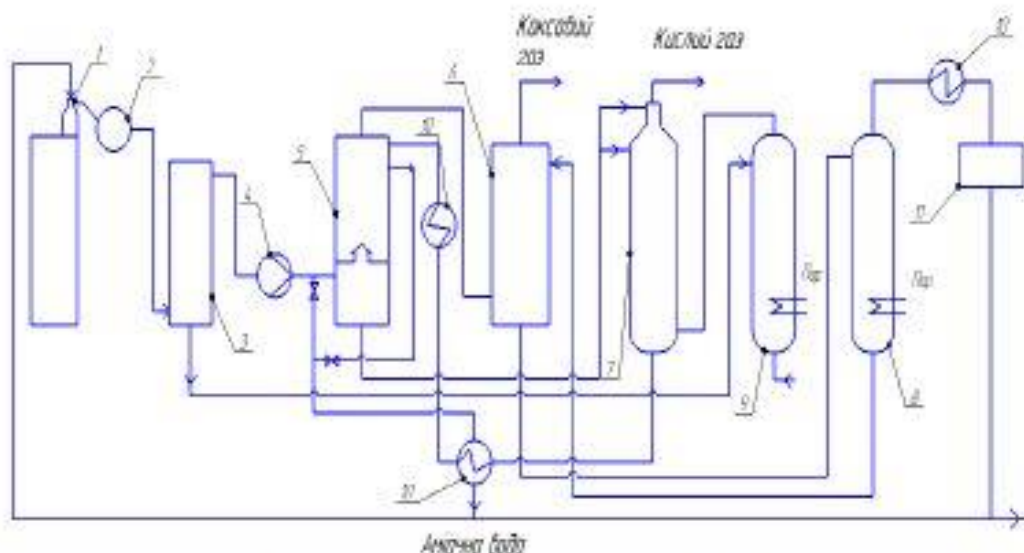
Газ, що утворюється при коксуванні, містить багато цінних речовин. Крім водню, метану, оксидів вуглецю, до його складу входять пари кам'яно-вугільної смоли, бензен (бензол), аміак, сірководень та інші. Парогазову суміш, що відходить з коксових камер, уловлюють і відводять у цех конденсації на переробку.

Коксовий газ охолоджується до температури 25 — 30°C, при цьому він конденсується і з нього виділяється смола, аміачна вода.

Використовують як паливо у промислових печах, газових двигунах, як сировина в хімічній промисловості [1].

Коксовий газ, який містить сірководень (Рисунок 1) виходить з камери коксування через відстійник 1 в газозбірник 2, де охолоджується водою при безпосередньому контакті за рахунок випарного охолодження. Разом з охолоджуваною водою у відстійник і газозбірник подається необхідна кількість аміачної води. Потім надходить в первинний газовий холодильник 3, де охолоджується вода, після чого очищується від смоли і нафталіну і подається в газодувку 4 в сірководневий абсорбер 5 далі газ надходить в аміачний абсорбер 6, де витягується аміак. Розчин після сірководневого абсорбера регенерується в розкислювач 7. Кислі гази передаються на установку для переробки в сірку або сірчану кислоту. Насичений розчин з абсорбера аміаку надходить у регенератор 8, де за допомогою водяної пари видаляють аміак.

Надгріта надсольова вода з первинного газового холодильника надходить в аміачну колонну 9, де з неї отгоняються аміак і кислі гази, далі подаються в розкислювач 7. Аміачні пари після регенератора 8 охолоджуються в теплообміннику 10 і аміачна вода збирається в збірнику 11, звідки частково повертається для очищення коксового газу від сірководню [2].



- 1 – відстійник, 2 – газозбірник, 3 – холодильник, 4 – газодувка,
5, 6 – абсорбер, 7 – розкислювач, 8 – регенератор, 9 – колонний апарат,
10 – теплообмінник, 11 – збірник

Рисунок 1 – Технологічна схема очистки коксових газів

Метою даної роботи є модернізація установки очистки коксових газів.

Перелік посилань:

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Коксовий_газ від 23.10.2017 року
2. <http://patents.su/5-1717619-sposob-ochistki-koksovogo-gaza-ot-serovodoroda.html> від 23.10.2017 року

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З
РОЗРОБКОЮ РОЗДІЛЮЮЧОЇ КОЛОНИ, КОНДЕНСАТОРА
ТА ХОЛОДИЛЬНИКА**

студентка Ільєнко А.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Коксохімічна промисловість — галузь важкої промисловості, на підприємствах якої здійснюється хімічна переробка вугілля кам'яного методом коксування. Коксування кам'яного вугілля проводять у коксових печах, коксування важких продуктів переробки нафти — у металічних кубах або спеціальних печах. У результаті коксування паливо розкладається з утворенням легких продуктів і твердого залишку — коксу. З легких продуктів одержують кам'яновугільну смолу, аміак, бензол, сірководень, крезол, фенол, нафталін, стирол, ксилол, толуол та ін. Але основний продукт коксування — кокс, який використовується як відновник і паливо в металургійній промисловості [1].

При виробництві коксу виникає значна необхідність у виробництві високоякісних теплообмінних установок, що в свою чергу тягне за собою необхідність у впровадженні нових або модернізації вже існуючих технологій у сфері теплообміну. Конструкція кожухотрубного теплообмінника, що пропонується, призначена для підвищення інтенсивності теплообміну [2].

Недоліком встановленого теплообмінника є недостатньо висока ефективність його роботи через невисоку інтенсивність теплопередачі.

В основу корисної моделі покладено завдання підвищення ефективності роботи кожухотрубного теплообмінника, за допомогою удосконалення використанням теплообмінних трубок, які турбулізують потік та забезпечують інтенсифікацію теплообміну трубок.

Поставлене завдання досягається тим, що на внутрішній поверхні трубок розташовані голки. Це забезпечує збільшення коефіцієнта тепловіддачі, а отже

Збірник тез доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" і теплопередачі, відповідно призводить і до збільшення продуктивності такого теплообмінного апарату.

Теплообмінні трубки 1 закріплені до верхньої та нижньої трубних решіток, що розташовані на торцевих поверхнях кожуха. На внутрішніх поверхнях труб 1 розташовані голки 2, з кроком між ними a , висотою h та кутом між голками α . На внутрішніх поверхнях кришки і днища розміщені перегородки.

Суть модернізації зображено на рисунку 1 та рисунку 2 – теплообмінна труба.

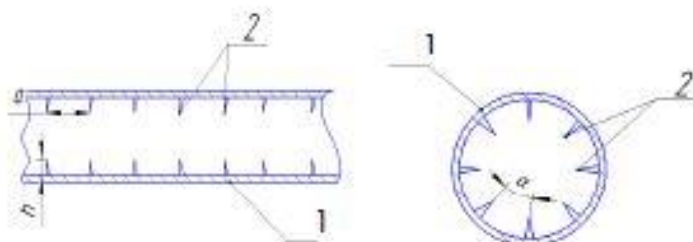


Рисунок 1

Рисунок 2

Дана модернізація дає змогу збільшити коефіцієнт тепловіддачі, а отже і теплопередачі, відповідно призводить і до збільшення продуктивності такого теплообмінного апарату.

Перелік посилань:

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki> від 23.03.2018 року
2. Коробчанский И. Е. и Кузнецов М. Д. Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования. М., «Металлургия», 1972. 294 с.

Технічні науки

УДК 621.643-036.746

Ільєнко Анна Володимирівна

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ільєнко Анна Владимировна

магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Ilienکو Anna

Student of the

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Степанюк Андрій Романович

кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів

хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Степанюк Андрей Романович

кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов

химических и нефтеперерабатывающих производств

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Stepaniuk Andriy

PhD, Assistant Professor of Department of

Machines and Apparatus of Chemical and Petroleum Industries

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**МОДЕРНІЗАЦІЯ НАГРІВАЧА
МОДЕРНИЗАЦИЯ НАГРЕВАТЕЛЯ
MODERNIZATION HEAT EXCHANGER**

Анотація. Запропоновано та обгрунтовано нагрівач установки очистки коксових газів.

Ключові слова: нагрівач, теплообмінні трубки, теплообмін.

Аннотация. Предложено и обосновано нагреватель установки очистки коксовых газов.

Ключевые слова: нагреватель, теплообменные трубки, теплообмен.

Summary. The coke oven gas treatment unit heat exchanger is proposed and substantiated

Key words: heat exchanger, heat exchange pipes, heat exchange.

Постановка проблеми. При перенесенні тепла у рекуперативних теплообмінниках загально відомо, що коефіцієнт тепловіддачі залежить від середовища, а ефективність тепловіддачі залежить від коефіцієнта тепловіддачі та площі поверхні, що приймає участь у теплообміні.

Метою статті є обгрунтування модернізації нагрівача та алгоритм його розрахунку.

Виклад основного матеріалу. Для модернізації існуючого нагрівача було запропоновано встановлення голок на внутрішній поверхні теплообмінних трубок, що дозволить турбулізувати середовище, тобто збільшити коефіцієнт тепловіддачі та одночасно збільшити площу теплообміну без значного збільшення термічного опору.

Нагрівач, в якому розташовані теплообмінні трубки з голками на внутрішній поверхні наведено на рис. 1 [1].

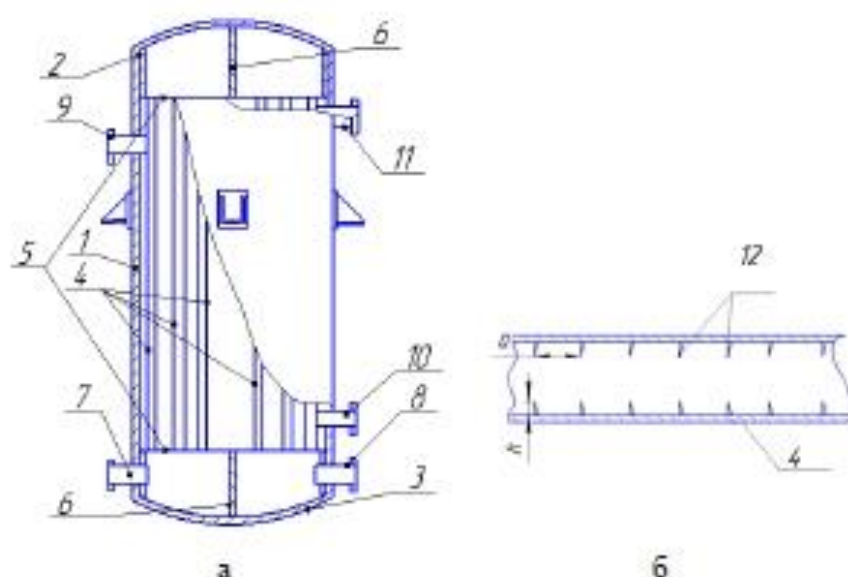


Рис. 1. Нагрівач: а) загальна схема; б) схема перерізу теплообмінної трубки
 1 – циліндричний кожух; 2 – кришка; 3 – днище; 4 – теплообмінні трубки; 5 – трубна решітка; 6 – перегородка; 7,8,9,10,11 – штуцери підводу та відведення; 9 – штуцер; 12 – голки на внутрішній поверхні труби.

Нагрівач працює наступним чином:

Щоб нагріти або охолодити речовину потрібно подати під тиском до штуцера 7 в камеру днища 3. Далі речовина рухається по пучках теплообмінних трубок 4 в наступну камеру. Отже, речовина поступово змінює свою температуру, проходячи всі теплообмінні трубки 4 та надходить у всі камери днища 3, речовина з потрібною температурою відводиться з апарату по штуцеру 8. В середину кожуха 1 по штуцеру 9 надходить нагрівальний або охолоджувальний теплоносій.

За рахунок голок в трубному просторі відбувається турбулізація потоку, що покращує проходження процес теплообміну та одночасно збільшує поверхню тепловіддачі.

Нагрівач модернізовано за допомогою теплообмінних трубок вони турбулізують потік для інтенсифікації теплообміну. Голки розташовані на внутрішній поверхні трубок у вигляді конуса. Вони забезпечує збільшення

коефіцієнта тепловіддачі, а отже і теплопередачі, відповідно призводить і до збільшення продуктивності.

Основне рівняння теплопередачі (1) показує, яку кількість теплоти можна передати якщо збільшити площу поверхні контакту F або збільшити коефіцієнт тепловіддачі α_{min} , який розраховується за формулою 2 [2].

$$Q = F \cdot \Delta t, \quad (1)$$

де $\Delta t = t_r - t_x$, t_r – температура гарячого теплоносія; t_x – температура холодного теплоносія; α_{min} – коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія до стінки і від стінки до холодного теплоносія відповідно; F – площа.

Площа поверхні стандартних теплообмінних труб:

$$F_1 = 2\pi RLn, \quad (2)$$

де R – радіус труби, L – довжина труби, n – кількість труб.

Площа поверхні теплообмінних труб з голками на внутрішній поверхні трубки:

$$F_2 = (2\pi RL + \pi rl)n \quad (3)$$

r – радіус кола основи голки (конуса); l – довжина твірної голки (конуса);

Після підстановки F_1 і F_2 в формулу (1) отримаємо відповідно Q_1 і Q_2 . Якщо порівнювати F_1 і F_2 , то видно, що $F_1 < F_2$, відповідно $Q_1 < Q_2$, де Q_1 – це кількість тепла, що можна передати за допомогою стандартних труб, Q_2 – це кількість тепла, що можна передати за допомогою труб з голками на внутрішній поверхні трубки.

Висновки. Порівнявши кількість переданої енергії до модернізації і після отримуємо підвищену ефективність нагрівача.

Література

1. Заявка 201804529 Кожухотрубний теплообмінник / А.В. Ільєнко, А.Р.

Степанюк, заявник А.В. Ільєнко – № u 2018 04529; заявл. 25.04.2018.

2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://studopedia.su/6_21707_teploperedacha-cherez-plosku-odnosharovu-i-bagatosharovu-stinki.html від 20.11.2018